

DIPLOMADOLGOZAT

Horváth-Gaudi Károly

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

**Műszaki menedzser mesterképzési
szak**

Energiatároló alkalmazása napelemes rendszerben

**Belső Konzulens: Dr. Gergely Zoltán Albert
egyetemi adjunktus**

**Belső konzulens
intézete/tanszéke: Műszaki Intézet**

Készítette: Horváth-Gaudi Károly

Gödöllő

2024

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés és célkitűzések.....	5
1.1	Bevezetés.....	5
1.2	Célkitűzés.....	5
2	Szakirodalmi áttekintés	7
2.1	Bevezető.....	7
2.2	A napelemek működése	7
2.3	Termelést befolyásoló tényezők.....	9
2.3.1	Napelem típusok, hatásfok, tájolás.....	10
2.4	Inverter	13
2.4.1	Inverterek típusai.....	13
2.4.2	Maximális Munkapont	14
2.4.3	Hatásfok és veszteségek.....	14
2.5	Akkumulátor.....	15
2.5.1	Akkumulátor töltöttségi állapot (SOC)	15
2.5.2	Akkumulátorok méretezése.....	16
2.5.3	Töltési és kisütési ciklusok, hatékonyság.....	16
2.5.4	Hőmérséklet és hatékonyság	16
2.5.5	Akkumulátor és inverter összhangja	17
2.6	Napelemes rendszerek.....	17
2.6.1	Hálózatra visszatápláló rendszerek	17
2.6.2	Szigetüzemű rendszerek.....	18
2.6.3	Hibrid rendszerek (tárolóval vagy anélkül).....	19
2.7	Elszámolás és megtérülés.....	20
2.7.1	Elszámolás.....	20
2.7.2	Megtérülés.....	22
2.8	Gannt diagramm.....	24

3	Napelemes rendszer tervezése hibrid inverterrel és energiatárolóval	26
3.1	Helyszín alapú tervezési szempontok és energiaigény meghatározása.....	26
3.1.1	Időjárási viszonyok figyelembevétele	27
3.1.2	Helyszín bemutatása.....	27
3.1.3	Energiafogyasztási szokások.....	29
3.1.4	Pályázati lehetőségek figyelembevétele.....	30
3.2	Szimuláció	34
3.2.1	Beállítások	34
3.2.2	Termelési eredmények	37
4	Gazdasági megtérülés.....	39
4.1	A tervezett rendszer megtérülése	39
4.1.1	Megtérülés pályázat nélkül.....	45
4.2	Projekt kivitelezése	46
5	Konklúzió	51
6	Conclusion.....	51
7	Irodalomjegyzék.....	52
8	Nyilatkozatok	55

1 Bevezetés és célkitűzések

1.1 Bevezetés

Az energiahatékonyság és a fenntarthatóság egyre nagyobb szerepet kap napjainkban, különösen a villamosenergia-termelés és -felhasználás terén. Az energiaigény növekedésével párhuzamosan a környezettudatosság is előtérbe került, ami arra ösztönöz bennünket, hogy a hagyományos energiaforrások helyett megújuló energiaforrásokat vegyünk igénybe. A napelemes rendszerek kiemelt figyelmet kapnak ezen a területen, mivel tiszta, megújuló energiaforrást biztosítanak, amely hosszú távon csökkenti a fosszilis tüzelőanyagokra való támaszkodást és a szén-dioxid-kibocsátást.

A napelemes rendszerek hatékonyságának növelése érdekében kulcsfontosságú az energiatermelés és -fogyasztás közötti egyensúly megteremtése. Ennek egyik leghatékonyabb módja az energiatárolók alkalmazása, amelyek lehetővé teszik az energia tárolását a napsütéses időszakokban, és annak felhasználását a fogyasztás csúcs idejében vagy éjszaka. Az energiatároló rendszerek különböző típusai, kapacitásai és technológiai jelentős mértékben hozzájárulnak a napelemes rendszerek hatékonyságához és megbízhatóságához.

1.2 Célkitűzés

A dolgozat célja az energiatárolók alkalmazásának vizsgálata napelemes rendszerekben, különös tekintettel a hazai viszonyokra és lehetőségekre. A kutatás során az alábbi konkrét célokat tűztem ki:

1. A napelemes rendszerek és az energiatárolók elméleti háttérének bemutatása: A szakirodalmi áttekintés keretében részletesen bemutatom a napelemes rendszerek működését, a különböző napelem technológiákat, az energiatárolás szükségességét és előnyeit, valamint az energiatárolók típusait és működési elveit.
2. A napelemes rendszerek tervezési és kivitelezési szempontjainak elemzése: Az adott helyszín és a fogyasztói igények figyelembevételével meghatározom a kiváltandó fogyasztást és a szükséges tárolókapacitást. Ezen túlmenően részletesen elemzem a napelem panelek típusait, azok előnyeit és hátrányait, valamint javaslatot teszek az alkalmazandó napelem típusokra és darabszámra.

3. Az energiatároló rendszerek tervezése és méretezése: A tervezési folyamat során megvizsgálom a telepítési körülményeket, a telepítés helyét, a dőlésszögeket és az esetleges árnyékhatásokat. Ezek alapján kiválasztom a megfelelő invertert és energiatárolót, figyelembe véve a műszaki paramétereket és a gazdasági szempontokat.
4. Gazdasági és projektmenedzsment szempontok vizsgálata: Részletesen elemzem a napelemes rendszer és az energiatároló gazdasági megtérülését, beleértve a költségvetés alakulását, a megtérülési időt, a pályázati lehetőségek hatását és a különböző pénzügyi megvalósítási konstrukciókat. Ezen belül kiemelt figyelmet fordítok:
 - A szaldó- és bruttó elszámolások gazdasági hatásaira.
 - Az aszimmetrikus és nem aszimmetrikus termelésre alkalmas inverterek alkalmazásának gazdasági hatásaira.
 - Az időtervezés, erőforrás tervezés, költségvetés, emberi erőforrás költségek, anyagköltségek alakulására.
 - A megtérülés és megtakarítás számítására.
 - A pályázati lehetőségek hatására a megtérülésre és a pénzügyi megvalósítási konstrukciókra.
5. Eredmények összegzése és ajánlások megfogalmazása: A kutatás eredményeit összegzem, értékelem, és javaslatokat teszek a napelemes rendszerek és az energiatárolók hatékony alkalmazására, különös tekintettel a hazai környezetre és lehetőségekre.

A dolgozat végső célja, hogy átfogó képet nyújtson a napelemes rendszerek és az energiatárolók integrációjáról, valamint gyakorlati útmutatót biztosítson a tervezéshez, telepítéshez és üzemeltetéshez, ezzel hozzájárulva a megújuló energiaforrások hatékonyabb felhasználásához és a fenntartható fejlődés előmozdításához. Emellett részletesen vizsgálom a műszaki menedzsment szempontokat, hogy a projekt tervezése és megvalósítása a lehető legköltséghatékonyabb és időben legmegfelelőbb legyen, maximális gazdasági megtérülést biztosítva.

2 Szakirodalmi áttekintés

2.1 Bevezető

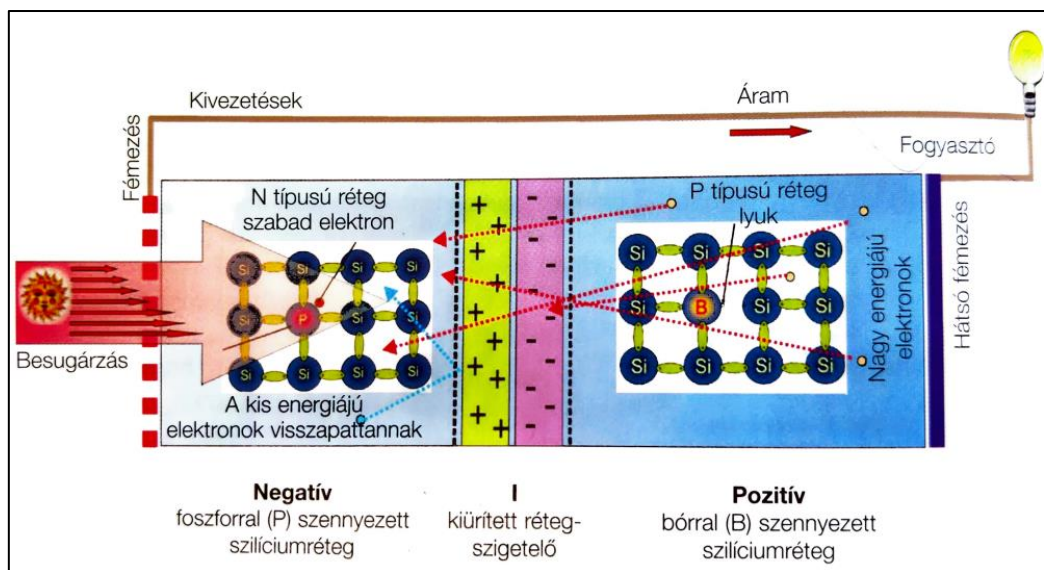
A következőkben a napelemek működését, a termelésével kapcsolatos befolyásoló tényezőket fogom megvizsgálni és bemutatom a különböző napelemes rendszereket.

2.2 A napelemek működése

A napelem egy olyan eszköz, amely a napból érkező energiát közvetlenül villamos energiává alakítja át, működése a fényelektromos hatáson alapul. Egy tipikus napelem modul számos különálló napelemcellából épül fel, amelyek többsége szilíciumból készül.

A fotovoltatikus hatás létrejöttéhez elengedhetetlen egy P-N átmenet kialakítása a szilíciumban. Ehhez a szilíciumot különböző szennyező anyagokkal kell adalékolni, hogy vezetőképessége változzon. A P réteg létrehozásához a szilíciumot bórral dúsítják. A bórnak három vegyérték elektronja van, így a P rétegben elektronlyukak keletkeznek. Ezzel szemben az N réteg kialakításához foszfort használnak. A foszfor öt vegyérték elektronja miatt elektron többlet jelenik meg ebben a rétegben. Ha a két adalékolt réteg között elektromos kapcsolat létesül, néhány elektron az N rétegből átáramlik a P rétegbe, kitöltve az elektronlyukakat. Így létrejön egy kiürített tartomány, ahol nincsenek szabad elektronok és lyukak, ez egy elektromos mezőt eredményez, mivel az N réteg határa pozitív, a P réteg határa pedig negatív töltésű lesz.

A napelem tehát lényegében egy félvezető alapú, fényre érzékeny dióda. Amikor a cellát napfény éri, a fotonok energiája elektron-lyuk párokat hoz létre a kiürített tartományban. Az elektromos mező hatására ezek a párok kimozdulnak a kiürített tartományból, így az N és P rétegek között egyre nagyobb potenciálkülönbség alakul ki. Ha egy fogyasztót csatlakoztatunk a cella két oldalához, elektronáramlás indul meg, áram keletkezik. Az 1. ábrán egy ilyen napelemcella működése látható. Ahhoz, hogy megfelelő feszültséget érjünk el, ezeket a cellákat sorba kötve használják, így alkotva egy napelem modult. ([Debreczeni, 2012](#); [Dr. Bodnár, 2019](#); [Nelson, 2003](#))



1. ábra:

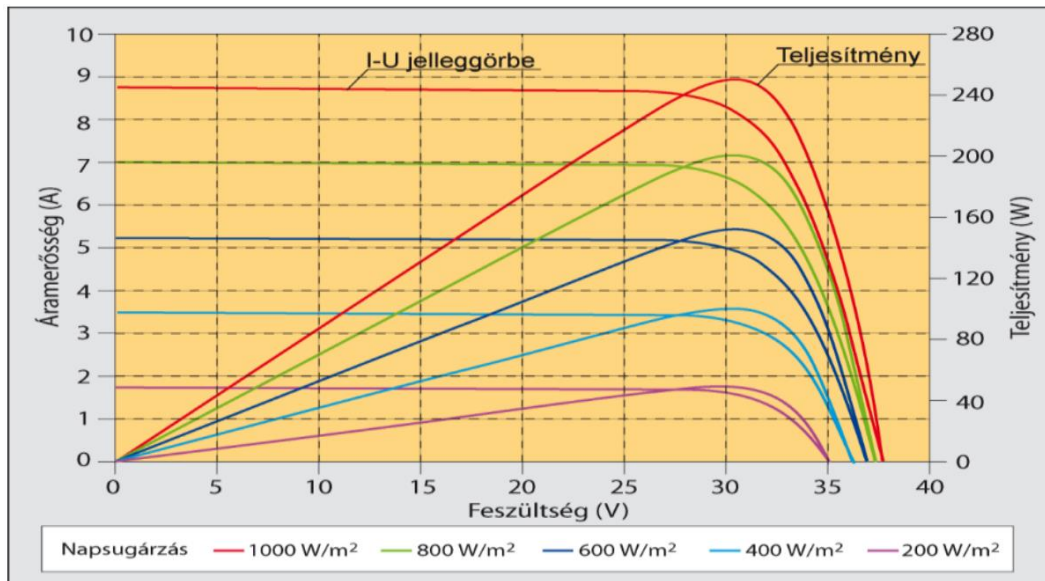
Napelemcella működésének illusztrációja (Debreczeni, 2012)

A napelem karakterisztikája(Debreczeni, 2012) :

$$I = I_{PH} - I_0 * \left(\exp \frac{q * U + R_s * I}{n * k * T} - 1 \right) - \frac{U + R_s * I}{R_p}$$

ahol,

- I_{PH} - gerjesztés árama
- I_0 – szaturációs áram
- q – elemi töltés
- k – Boltzmann állandó
- T – abszolút hőmérséklet
- n – a diódára jellemző idealitási faktor
- R_S , - Soros ellenállás, mely az érintkezési és egyéb veszteségek miatt szükséges
- R_P , - Sönt ellenállás, mely a töltési rekombinációt és diffúziós veszteségeket modellezi



2. ábra: Napelem karakterisztikája és teljesítménygörbéje, különböző megvilágítási teljesítmény mellett (Balázs & Racz, 2018)

2.3 Termelést befolyásoló tényezők

A napelemek gyártói minden egyes panelen feltüntetnek egy meghatározott névleges teljesítményértéket, melyet STC (Standard Test Condition) körülmények között lefolytatott méréssel határoznak meg. Ez azt jelenti, hogy a tesztelés során az ideális környezetet igyekeznek szimulálni: a paneleket 25°C hőmérsékleten tartják, 1000W/m²-es fénnel világítják meg azokat és az optikai légréteg (AM - Air Mass) értékét 1,5-ös értéken tartják. (Debreczeni, 2012)(Dr. Bodnár, 2019)

Azonban a napelemek Normal Test Condition (NTC) körülmények közötti teljesítménye egy valósabb képet ad az energiahozamról, mivel figyelembe veszi a valós környezeti feltételeket. Az NTC rendszerint magasabb működési hőmérsékleteket alkalmaz, ami közelebb áll a tényleges üzemi körülményekhez. Például a napelemek gyakran 30-40°C-os hőmérsékleten működnek, nem pedig az STC által megadott 25°C-on. A magasabb hőmérsékletből adódóan csökken a feszültség, ami a cella teljesítményét rontja. A besugárzás szintje is gyakran alacsonyabb, és a napfény spektrális összetétele változó lehet, a tesztek szerint pedig a teljesítmény 14-15%-kal vagy annál is alacsonyabb lehet a valós körülmények között. Ennek eredményeként az NTC adatok közelebb állnak ahhoz a teljesítményhez, amit egy adott helyszínen várhatunk, és tükrözik a valós környezeti hatásokat, mint például a hőmérséklet, a napsugárzás szöge és intenzitása. (Parretta et al., 1998)

2.3.1 Napelem típusok, hatásfok, tájolás

Különböző típusú napelemek léteznek, amelyek az alapanyagtól függően különböznek. A három legelterjedtebb típus a következő:

- Monokristályos panel:

Ezeket egységes, tiszta szilíciumtömbből készítik, amelyet több szeletre vágnak. Előnyei közé tartozik a magas, körülbelül 20%-os hatásfok és hosszú élettartam, ami nagyjából huszonöt év. Ezek a panelek jobban kihasználják a közvetlen napsütést. Hátrányai között említhetjük az árat, ami a gyártás során felhasznált szilícium miatt magasabb. Jellemzően fekete színűek.

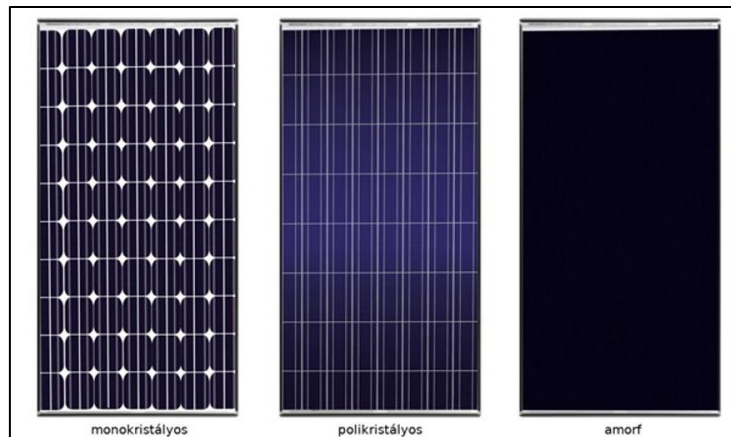
- Polikristályos panel:

Ezek több szilíciumkristályból készülnek, ellentétben a monokristályos típussal. A szilíciumtöredékeket veolvasztják, majd egy négyzet alakú mintába öntik. Előnyük, hogy kevesebb a pazarlás az előállítás során, így olcsóbbak, és jobban kihasználják a szórt fényt. Ugyanakkor kevésbé hatékonyak, (15–17%) és helyigényük is nagyobb. Emellett alacsonyabb a hőtűrésük, így magas hőmérsékleten alacsonyabb hatásfokkal rendelkeznek. Általában világoskék színűek.

- Vékonyfilm panel:

Ezek előállításakor a félvezető felületet gőzöléssel helyezik a hordozórétegre. Előnyük, hogy hajlékonyak, így nem csak sík felületekre lehet őket elhelyezni, valamint gyorsan előállíthatóak. Hátrányok közé tartozik az alacsony hatásfok és a nagyobb helyigény az azonos teljesítmény eléréséhez.

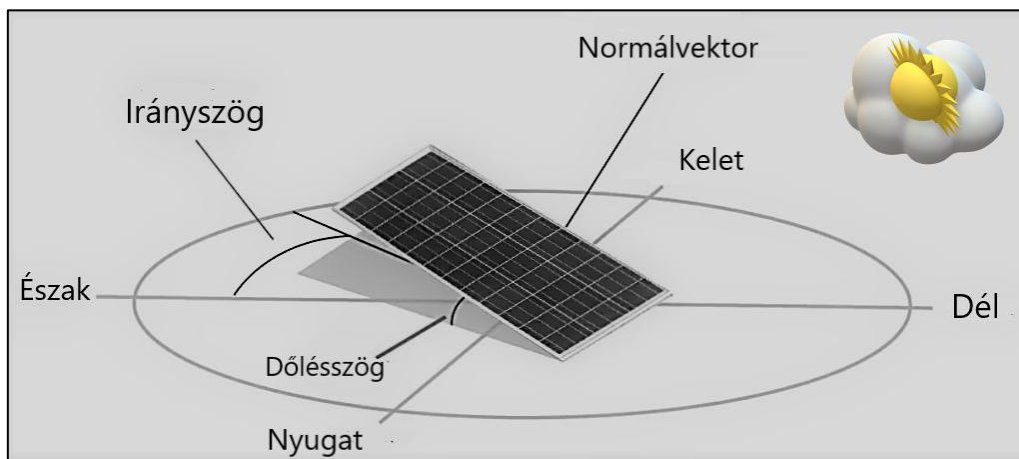
Természetesen, a napelem technológiája folyamatos fejlődésen megy keresztül, és törekednek arra, hogy újabb és hatékonyabb paneleket fejlesszenek ki. Egyes kutatók és vállalatok már olyan innovatív paneleken dolgoznak, amelyek még jobban kihasználják a napenergia potenciálját és növelik a hatékonyságot. Ezek közé tartoznak például a háromdimenziós napelemek, az organikus napelemek és a perovszkit alapú napelemek. A kutatás és fejlesztés folyamatosan zajlik ezen a területen annak érdekében, hogy még jobb és hatékonyabb megoldásokat találjanak a megújuló energiatermelésre. (Debreczeni, 2012)(Véghely, 2012)



3. ábra: Napelem típusok (Sisolar, 2021)

Azt, hogy a panelek a beeső napsugárzás hány százalékát képesek villamos energiává alakítani, a panelek hatásfoka mutatja. Számos tényező befolyásolja egy panel hatásfokát, beleértve a típust, felületét, a beeső fény szögét, az optikai légréteg értékét, valamint környezeti és konstrukciós faktorokat, mint például az árnyékolás, a panel tájolása, a degradáció és a felület tisztasága.

Az optimális hatásfok elérése érdekében biztosítani kell, hogy a beeső napsugárzás merőlegesen érje a paneleket. Ennek megvalósítása érdekében változtathatjuk a panelek dőlésszögét és irányyszögét. Az irányyszög a déli iránytól való eltérést jelzi, negatív vagy pozitív előjellel a nyugati vagy keleti irányba. A dőlésszög pedig a napelem síkja és a föld síkja által bezárt szög. (Debreczeni, 2012)



4. ábra:

Irányyszög és dőlésszög (Linkedin, 2023)

A diagram of a celestial dome illustrating the sun's position at different times of the year. The dome is centered on the Earth (FÖLD) at the bottom. The horizon is labeled with DÉL (South), KELET (East), ÉSZAK (North), and NYUGAT (West). The Zenit (Zenith) is at the top. The North Pole (ÉSZAKI PÓLUS) is marked at $47^{\circ}30'$. The sun's path is shown for three dates:

- June 21 (JÚNIUS 21): The sun is at its highest point, labeled "A NAP DELELÉSI MAGASSÁGA" with $M=66$.
- March 21 and September 23 (MÁRCIUS 21. ÉS SZEPTEMBER 23.): The sun is at an intermediate height, labeled $M=42^{\circ}30'$.
- December 21 (DECEMBER 21.): The sun is at its lowest point, labeled $M=19^{\circ}$.

 The diagram also shows the "A LÁTÓHATÁR SÍKJA" (Line of Visibility Plane) and the "FÖLD" (Earth) at the base.

Napjárás nyáron és télen Magyarországon (Vgfszaklap, 2013)

2.4 Inverter

Mielőtt a napelem rendszereket bemutatnám, elengedhetetlen az inverterek működésének megismerése.

Az inverterek központi szerepet játszanak a napelemek által megtermelt egyenáram (DC) átalakításában váltakozó árammá (AC), amely közvetlenül felhasználható az elektromos hálózatban.

2.4.1 Inverterek típusai

- Hálózatra kapcsolt inverterek (grid-tie inverter): Ezek a leggyakrabban használt inverterek a napelemes rendszerekben. Feladatuk a napelemek által megtermelt energia közvetlen betáplálása az elektromos hálózatba, amennyiben az energia nem kerül rögtön felhasználásra. Ezek az inverterek szinkronizálják a kimeneti frekvenciát a hálózat 50 Hz-es frekvenciájával, hogy biztosítsák az energia kompatibilitását. Hálózat nélküli működésre ezek az inverterek nem képesek, így áramszünet esetén a rendszer lekapcsol.
- Szigetüzemű inverterek (off-grid inverter): Ezeket olyan rendszerekben használják, ahol nincs kapcsolat az elektromos hálózattal. Az energia tárolása akkumulátorokban történik, és az inverter ebből az energiaforrásból látja el a háztartást. A szigetüzemű rendszerek teljesen önállóak, de összetettebb vezérlést igényelnek és gyakran magasabb költségekkel járnak.
- Központi inverterek (central inverter): Ezek nagyobb napelemes rendszerekhez, például ipari létesítményekhez vannak tervezve, ahol egyetlen nagyteljesítményű inverter szolgálja ki az összes napelemes modult. A rendszer meghibásodása esetén a teljes energiatermelés kieshet.
- String inverterek: Ez a típus egy köztes megoldás, ahol egy sor napelem modult egyetlen inverterre kötnek rá. A string inverterek hatékonyak lehetnek kisebb rendszereknél, de itt is fontos a frekvenciaszinkronizáció, különösen hálózatra kapcsolt rendszerek esetében. Árnyék vagy más zavaró tényező esetén azonban csökkenhet a teljes rendszer teljesítménye.
- Hibrid inverterek: Ezek az inverterek a hálózatra kapcsolt és szigetüzemű megoldások kombinációját kínálják. Lehetőség van arra, hogy az inverter a napelemek energiáját

akkumulátorokban tárolja, és szükség esetén (pl. éjszaka vagy áramszünet esetén) felhasználja.

- **Aszimmetrikus inverterek:** Az aszimmetrikus betáplálási képességgel rendelkező inverterek nem különálló típusú inverterek, hanem olyan funkcióval rendelkező változatok, amelyek lehetővé teszik az energia rugalmasabb elosztását a három fázis között. Az ilyen típusú inverterek használatával megoldható a különböző fázisok eltérő terhelésének kiegyensúlyozása, ami segíthet a hatékonyabb energiafelhasználásban. Különösen fontos szerepük lesz az új elszámolási módszer miatt, amit az [Elszámolás, megtérülés](#) fejezetben mélyebben tárgyalok. ([Debreczeni, 2012](#); [Dr. Bodnár, 2019](#))

2.4.2 Maximális Munkapont

Az inverter további feladata, hogy optimalizálja az energiatermelést, követve a maximális munkapont elvét. Ez azt jelenti, hogy az inverter a napelemekből kinyerhető teljesítményt a terhelő ellenállástól függően igyekszik maximalizálni. Ennek az optimalizációnak az eredményeként az inverter próbálja a napelemet a maximális teljesítmény pontján működtetni, amelyet MPP-nak (maximum power point) nevezünk. ([Debreczeni, 2012](#); [Véghegy, 2012](#))

2.4.3 Hatásfok és veszteségek

A modern inverterek magas hatásfokkal (>97,5%) működnek, ami biztosítja a napelemek által megtermelt energia optimális kihasználását. Azonban, csakúgy ahogy a napelemeknél az inverterek hatásfokát is több tényező befolyásolja. A környezet hőmérséklete itt is jelentős szerepet játszik, a helytelen telepítés, illetve a rossz szellőzés komoly veszteségeket okozhat. A kábelezés különösen fontos a veszteségek minimalizálásában. A DC oldalon lévő magasabb string-feszültség miatt kisebb áramerősség szükséges a vezetékben, és ez csökkenti a kábelveszteségeket. Azonban, ha a DC-kábelek túl hosszúak, az megnöveli az ellenállást, ami akadályozza az inverter munkapontszabályozóját abban, hogy optimálisan kövesse a napelemek teljesítményét, így csökken a rendszer hatékonysága.

Az AC-oldalon a kábelveszteségek növekedhetnek a hosszabb vezetékek miatt, ezért itt gyakran alkalmaznak nagyobb keresztmetszetű vezetékeket a veszteségek minimalizálására.

Az inverter veszteségei általában a következőkre oszthatók:

- **Konverziós veszteség:** Az energia átalakítása során egy kis része hővé alakul, különösen akkor, ha az inverter nincs megfelelően hűtve.

- **Részterhelési veszteség:** Az inverterek nem mindig a névleges teljesítményükön működnek. Amikor részterhelésen dolgoznak, hatékonyságuk csökken, és emiatt energiaveszteség lép fel.
- **Standby veszteség:** Még akkor is, ha nincs energiaátalakítás, az inverterek készenléti üzemmódban is fogyasztanak némi energiát. [\(Véghely, 2012\)](#)[\(Debreczeni, 2012\)](#)

Védelmi osztályok és helyi előírások

Az inverterek általában IP65-ös védettségű osztályúak, amely teljes por- és vízvédellel rendelkezik. A helyi előírásoknak és műszaki feltételeknek való megfelelés, például MEEI-TÜV minősítéssel, alapvető fontosságú a megfelelő működés és a hosszú élettartam biztosításához. [\(Debreczeni, 2012\)](#)

2.5 Akkumulátor

Az akkumulátorok központi szerepet játszanak a napelemes rendszerek hatékonyságában, különösen hibrid rendszerek esetében, ahol a termelt energiát tárolni kell, hogy a fogyasztás ne csak a napos időszakokra korlátozódjon. Az akkumulátorok méretezésénél és tervezésénél számos tényezőt kell figyelembe venni, többek között a teljesítményigényt, a töltési és kisütési ciklusok hatásait, a hőmérséklet változásait és az akkumulátorok élettartamát. [\(Debreczeni, 2012\)](#)

2.5.1 Akkumulátor töltöttségi állapot (SOC)

Az akkumulátor töltöttségi állapotát a State of Charge (SOC) mutatja meg, amely kifejezi, hogy az akkumulátor mennyi energiát tárol a teljes kapacitásához képest. A SOC százalékos értékben adható meg, ahol 100% jelenti a teljesen feltöltött állapotot, míg 0% a teljesen lemerült állapotot. Az SOC figyelembevételével lehet meghatározni, hogy az akkumulátor mennyi energiát képes leadni adott időszakban, de ez nem feltétlenül azonos a felhasználható kapacitással. A felhasználható kapacitást például befolyásolja az akkumulátor előregedése és az időjárási körülmények. [\(Debreczeni, 2012\)](#)

2.5.2 Akkumulátorok méretezése

Az akkumulátorok méretezése fontos tényező a napelemes rendszer tervezésében. Az akkumulátor kapacitása (C_{akku}) általában amperórában (Ah) mérhető, és az inverter névleges teljesítményéhez igazodik. A kapacitás meghatározásához az alábbi egyenletet használhatjuk:

$$C_{akku} \geq 5 \cdot \frac{P_{Inv}}{U_{akku}}$$

Ebben az egyenletben P_{inv} az inverter névleges teljesítménye, míg U_{akku} az akkumulátor névleges feszültsége. Az akkumulátor kapacitásának megfelelő méretezése elengedhetetlen ahhoz, hogy az eszközök folyamatosan működhessenek, és ne következzen be teljes áramkimaradás, például éjszaka vagy felhős időszakokban. (Debreczeni, 2012)

2.5.3 Töltési és kisütési ciklusok, hatékonyság

Az akkumulátorok egyik legfontosabb jellemzője a töltési és kisütési ciklusok száma. Egy töltési ciklus akkor fejeződik be, amikor az akkumulátor teljesen lemerül és ismét feltöltődik. A legtöbb akkumulátortípusnál, különösen a lítium-ion akkumulátoroknál, a ciklusok száma jelentősen befolyásolja az élettartamot. A mély kisütés, azaz amikor az akkumulátor közel 0%-ra merül, csökkenti az élettartamot.

Az akkumulátorok hatékonyságát a Depth of Discharge (DoD) mutatja meg, amely az akkumulátor maximális felhasználható kapacitására vonatkozik. A legtöbb napelemes rendszerben az akkumulátorokat nem szabad teljesen lemeríteni, mivel ez károsítaná a cellákat. A DoD tipikusan 50-80% között van, ami azt jelenti, hogy az akkumulátor kapacitásának csupán ezen részét használják fel, hogy meghosszabbítsák az élettartamot. (Debreczeni, 2012)

2.5.4 Hőmérséklet és hatékonyság

Az akkumulátorok hatékonysága jelentősen függ a környezeti hőmérséklettől. Ha az akkumulátorokat túl hideg vagy túl meleg környezetben használják, az negatívan befolyásolhatja a kapacitásukat és az élettartamukat. Az optimális működési hőmérséklet 10°C és 30°C között van, de 0°C alatt a kapacitás akár 10%-kal is csökkenhet. Ezért fontos, hogy az akkumulátorokat hőmérséklet-szabályozott helyen tartsuk. (Debreczeni, 2012)

2.5.5 Akkumulátor és inverter összhangja

Az akkumulátor és az inverter közötti összhang elengedhetetlen a rendszer megfelelő működése érdekében. Ha az akkumulátor nem megfelelően van méretezve vagy nincs jól összehangolva az inverterrel, az energiamenedzsment problémákhoz vezethet. (Debreczeni, 2012)

2.6 Napelemes rendszerek

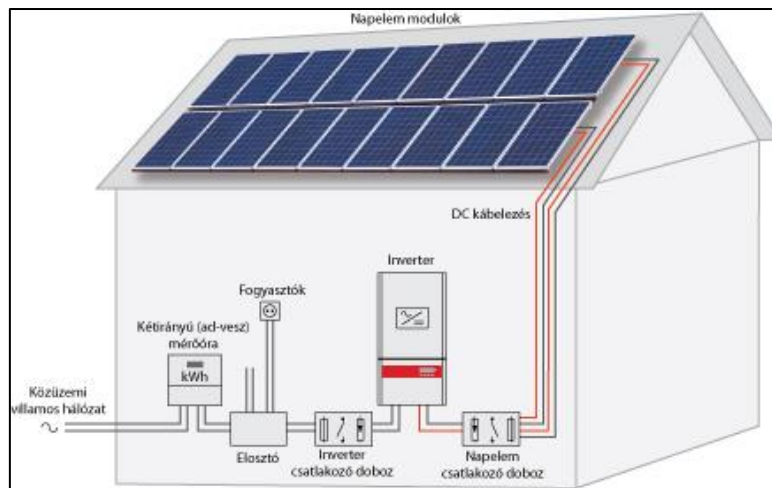
Alapjában véve két nagyobb csoportot lehet megkülönböztetni, az első a lakossági célú felhasználás, a második csoport pedig az üzleti célú energiatermelés. Ide tartoznak például a napelemparkok. Jelen dolgozatban nem térek ki a napelemparkokra, így csak a lakossági felhasználás témakörét vizsgálom.

A napelemek lakossági felhasználása számos lehetőséget kínál az energiatermelésben és az önfenntartásban. Ezen belül három fő típust különböztetünk meg: hálózatra visszatápláló, hibrid és szigetüzemű. (Dr. Bodnár, 2019; Véghely, 2012)

2.6.1 Hálózatra visszatápláló rendszerek

Ezek a rendszerek lehetővé teszik, hogy a napelemek által generált energiát a lakásban lévő elektromos berendezések működtetésére használjuk fel. Az előállított egyenfeszültséget az inverter segítségével a rendszer átalakítja váltakozó feszültséggé, ami kompatibilis a hálózati rendszerrel és a fogyasztókkal.

Amennyiben a fogyasztásunk nem éri el a napelemek által termelt energiát, a felesleget visszatápláljuk a hálózatba. Ezáltal nemcsak csökkenthetjük az energiafogyasztásunkat, hanem akár pénzt is megtakaríthatunk a hálózatra visszatáplált energiával. A hálózatra visszatápláló rendszerek a legnépszerűbb megoldások közé tartoznak a lakossági napelemes felhasználásban.



6.ábra: Hálózatra visszatápláló rendszer (Naplopo, 2021)

2.6.2 Szigetüzemű rendszerek

A szigetüzemű napelemes rendszerek olyan autonóm energiarendszerek, amelyek nem kapcsolódnak a villamos hálózathoz. Ezek a rendszerek különösen hasznosak olyan helyeken, ahol a hálózati áramellátás nem elérhető, például távoli vidéki területeken, szigeteken vagy ideiglenes telepítések során. A szigetüzemű rendszerek fő célja, hogy a napelemek által termelt energiát önállóan tárolják és használják fel.

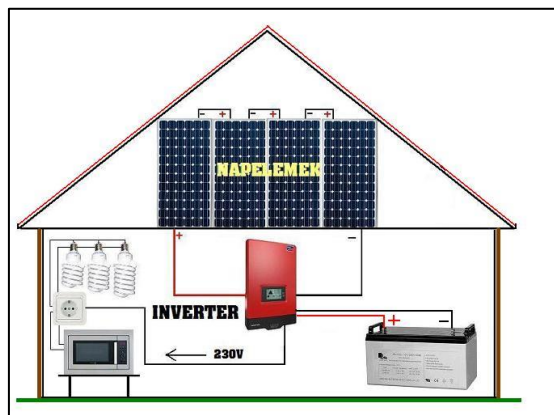
Főbb összetevők

A szigetüzemű rendszerek jellemzően a következő főbb elemekből állnak:

1. Napelemek és az azokat tartó szerkezet
2. Inverter
3. Akkumulátortöltő elektronika: Gyakran beépítve az inverterbe, ez az elektronika kezeli az akkumulátorok töltését.
4. Akkumulátor: Az energiátárolásért felelős, amely biztosítja, hogy a felhasználó éjszaka vagy felhős időszakokban is hozzáférhessen az energiához.

A szigetüzemű rendszerek nagy előnye, hogy függetlenek a villamos hálózattól, ami lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy saját energiatermelésükre támaszkodjanak. Ugyanakkor a legnagyobb hátrányuk, hogy a szükséges energia tárolása miatt a rendszerek költségesebbek lehetnek, mivel az akkumulátorok és egyéb szükséges berendezések jelentős

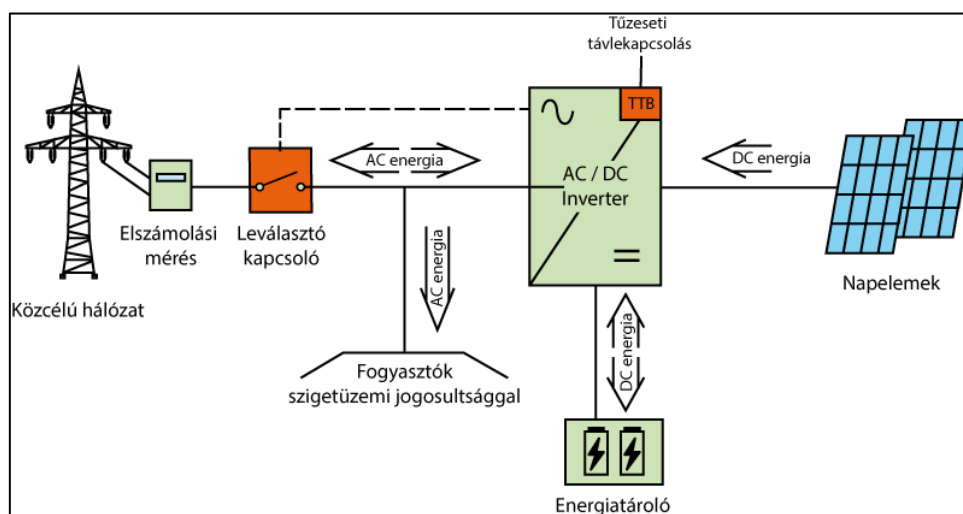
költségeket képviselnek. A szigetüzemű rendszerek telepítése előtt fontos figyelembe venni a várható energiafogyasztást és a tárolási igényeket.



7. ábra: Szigetüzemű napelemrendszer (Napelemdepo, 2021)

2.6.3 Hibrid rendszerek (tárolóval vagy anélkül)

A hibrid rendszerek a hálózatra visszatápláló és a szigetüzemű rendszerek előnyeit ötvözik. Ezek a rendszerek képesek tárolni a napelemek által termelt energiát akkumulátorokban, de működhetnek tároló nélkül is, hasonlóan a hagyományos hálózati inverterekhez. Ez lehetővé teszi, hogy a felhasználók saját fogyasztásukra használják az energiát, és a felesleget visszatáplálják a hálózatba, vagy tárolják, hogy később, például éjszaka vagy áramszünet esetén felhasználhassák. Ezen kívül a felhasználók számára rugalmasságot biztosít, hogy később hozzáadhassanak akkumulátoros tárolót a rendszerhez. ([Dr. Bodnár, 2019](#))



8. ábra: Hibrid napelemrendszer (Megsz, 2022)

2.7 Elszámolás és megtérülés

2.7.1 Elszámolás

Az elmúlt években Magyarországon a napelemes rendszerek elszámolási szabályai folyamatosan változtak, igazodva az európai uniós előírásokhoz és a hazai energiapolitikai célkitűzésekhez. A leginkább közismert az éves szaldós elszámolás, amely hosszú ideig a legelterjedtebb elszámolási forma volt a napelemes rendszerek által megtermelt és felhasznált energia kiegyenlítésére. Az éves szaldó rendszer egyszerű volt: az év során megtermelt energiát levonták a felhasznált energiából, és a különbség alapján történt az elszámolás. Ez a rendszer rendkívül kedvező volt a háztartások számára, mivel a termelt és felhasznált energia gyakorlatilag azonos áron került elszámolásra.

Azonban az energiatárolási technológiák fejlődése, a növekvő hálózati terhelés és az energiahatékonysági törekvések szükségessé tették a szaldó elszámolási rendszer átalakítását. Ennek részeként a bruttó elszámolás is bevezetésre került, amely alapvetően különbözik a szaldó rendszertől. A bruttó elszámolás lényege, hogy a villamosenergia-kereskedő mindössze 5,25 Ft/kWh áron vásárolja meg a hálózatba betáplált energiát, miközben a fogyasztó a vételezett energiát teljes lakossági áron vásárolja meg, amely magában foglalja a rendszerhasználati díjat és az áfát is. Ez a rendszer jelentősen kedvezőtlenebb a háztartások számára, mint a szaldó elszámolás, ahol a megtermelt és felhasznált energia azonos áron került elszámolásra. A jelenlegi díjszabás alapján 2523 kWh éves fogyasztás alatt a villamosenergia ára nagyjából 36,386 Ft/kWh, afelett pedig 70,1 Ft/kWh.

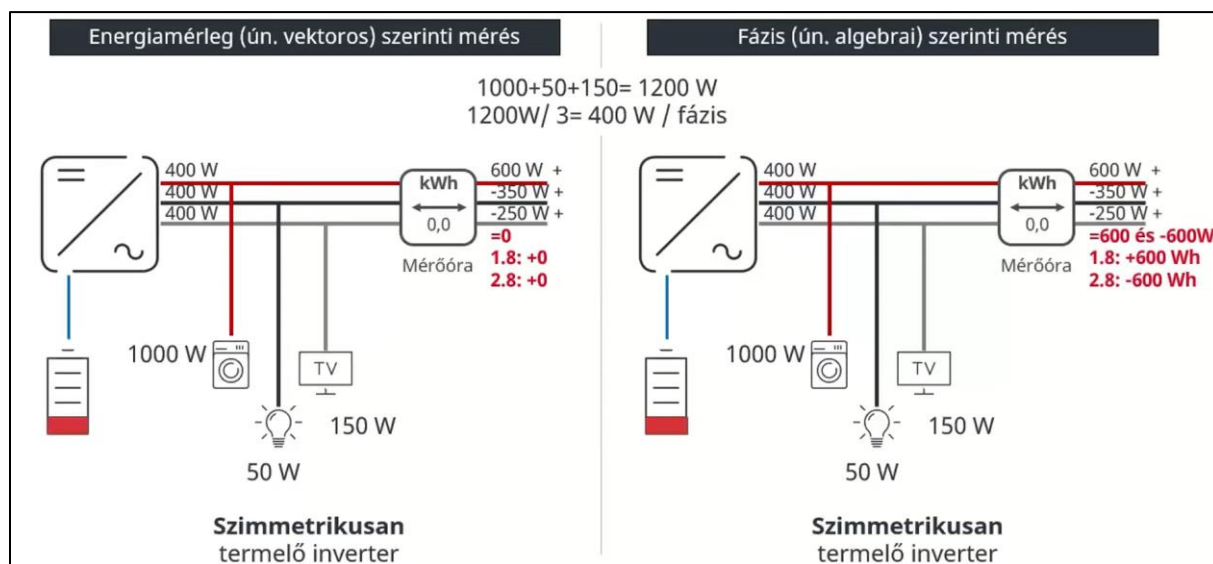
2023.10.05-én megjelent a 460/2023. (X. 5.) Korm. rendelet, amely legfontosabb eleme: „villamosenergia-kereskedő olyan elszámolást alkalmaz, amelyben az alkalmazott elszámolási időszaktól függetlenül a hálózatba betáplált és vételezett villamos energia mennyisége irányonként külön-külön, az egyes fázisok szerinti terhelés és vételezés összesített energiamérlegével kerül megállapításra” (460/2023. (X. 5.) Korm. Rendelet, 2023)

Ez a rendelet a kihirdetését követő napon lépett hatályba, és azt jelentette, hogy ezentúl a mérőórák képesek voltak fázisok szerint nézni a termelés és vételezési mutatókat. Ez nem jelentett nagy különbséget mivel a fázisok energiamérlegét vették figyelembe. Másnéven ez az úgynevezett „vektoros” mérés.

2023. 12. 29-én megjelent a jelenleg is hatályos 680/2023. (XII. 29.) Kormányrendelet, amely tovább módosította az elszámolási szabályokat. A legfontosabb változás az volt, hogy a fázisonkénti energiamérleg szerinti elszámolást eltörölték, és áttértek a szigorúan fázisonkénti elszámoláshoz. Ez azt jelenti, hogy a három fázison megtermelt és elfogyasztott energia külön-külön kerül elszámolásra, nem pedig összesítve. Másnéven ez az úgynevezett „algebrai” mérés. (680/2023. (XII. 29.) Korm. Rendelet, 2023)

Ez az új elszámolási rendszer nagyban befolyásolja a napelemes rendszerek gazdasági megtérülését, különösen azoknál a háztartásoknál, amelyeknél szimmetrikus inverterek vannak felhasználva.

Az alábbi ábra a két mérés közötti elszámolási különbségeket hivatott bemutatni, szimmetrikus inverterek alkalmazása esetén.



9. ábra: Szimmetrikus inverter működése különböző elszámolási módban (Fronius Solar Energy, 2024)

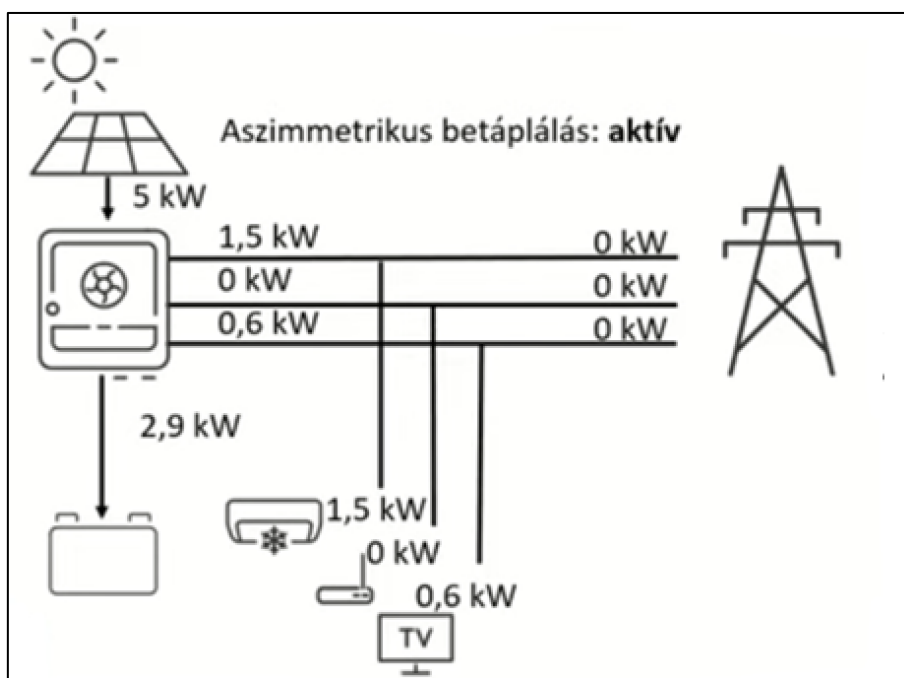
A szimmetrikus inverter, nevéből adódóan, minden fázison egyenletesen osztja el a termelt energiát. Az ábrán feltételezett fogyasztóknál az 1. fázison egy 1 kW-os mosógép, a 2. fázison egy 50 W-os izzó, míg a 3. fázison egy 150 W-os televízió található. Ebben az esetben összesen 1200 W energiaigény van jelen, amit a rendszer fázisonként 400 W-ra oszt.

A vektoros elszámolásnál (bal oldali ábra) ez nem jelent problémát, mert bár a rendszer vételez 600 W-ot az 1. fázison, ugyanennyit visszatáplál a másik két fázisba. Így a teljes energiamérleg nulla, tehát a felhasználónak nem kell plusz költséggel számolnia.

Az algebrai elszámolásnál (jobb oldali ábra) azonban már más a helyzet. Itt a fázisok közötti energiaáramlást nem kompenzálják: a felhasználó 600 W-ot vesz fel az 1. fázison,

amiért a teljes lakossági árat kell fizetnie. Ugyanakkor a felesleges energiát a másik két fázisban (600 W) csak 5 Ft/kWh áron tudja visszatáplálni a hálózatba, ami gazdaságilag sokkal kedvezőtlenebb.

Világos, hogy az új elszámolási rendszer jelentősen rontja a napelemes rendszerek megtérülését, mivel a három fázison külön-külön számolják el a termelést és fogyasztást. Ennek egyik hatékony megoldása lehet az aszimmetrikus inverterek használata. Az aszimmetrikus inverterek képesek arra, hogy a fázisonként eltérő termelést biztosítsanak, azaz csak annyi energiát állítsanak elő, amennyire az adott fázison szükség van. Ezzel kiküszöbölhető, hogy a megtermelt felesleges energiát kedvezőtlen áron kelljen visszatáplálni a hálózatba, miközben más fázisokon többlet energiát kelljen vásárolni. Az aszimmetrikus inverterek további előnye, hogy segítik a hálózat stabilitását azáltal, hogy kiegyensúlyozzák az aszimmetrikus fogyasztást, így a hálózatra gyakorolt terhelés is csökken.



10. ábra: Aszimmetrikus inverter működése (Fronius Solar Energy, 2024)

2.7.2 Megtérülés

A különböző számítások elvégzése után az ROI, NPV és IRR mutatókat használok fel a befektetés értékének vizsgálatára.

Az ROI (Return on Investment) egy alapvető pénzügyi mutató, amely segít felmérni a befektetés eredményességét. Az ROI kiszámításával gyorsan és átláthatóan kiderül, hogy egy adott projekt vagy beruházás mennyire jövedelmező, mivel megmutatja, hogy a kezdeti

befektetés milyen mértékű hasznot hozott. Napelemes rendszerek esetében az ROI különösen fontos, mivel ezek hosszú távú megtérülést biztosítanak. A megtérülési ráta kiszámítása segít a befektetőnek abban, hogy előre jelezze, várhatóan hány év után kezd a projekt pozitív pénzáramot termelni. (Friedlob & Plewa Jr, 1996)(Brigham, 1982)

$$ROI = \frac{\text{Összes profit} - \text{Önköltség}}{\text{Önköltség}} \cdot 100$$

A nettó jelenérték (Net Present Value, NPV) egy olyan mutató, amely egy beruházás jelenlegi értékét mutatja, figyelembe véve a jövőbeli pénzáramlásokat és azok időértékét. Az NPV számítás során a jövőbeli bevételeket és kiadásokat diszkontáljuk, azaz visszavetítjük a jelenbe, így realisabban értékelhetjük a beruházás tényleges megtérülését. Ha az NPV pozitív, a projekt nyereségesnek tekinthető, míg negatív NPV esetén veszteség várható. Napelemes rendszerek esetén az NPV lehetőséget ad arra, hogy a hosszú távú energiamegtakarításokat és előnyöket összevessük a telepítési és fenntartási költségekkel.(Brealey et al., 2014)

$$NPV = \sum \frac{P_t}{(1+r)^t} - C_0$$

ahol:

- P_t : a t-edik időszakban keletkező profit (nettó pénzáram)
- r: diszkontráta (vagyis a pénz időértéke),
- t: az időszak száma
- C_0 : kezdeti befektetési költség (önköltség).

Az IRR (Internal Rate of Return), vagy belső megtérülési ráta, az a diszkontráta, amelynél a projekt nettó jelenértéke (NPV) nulla lesz. Ez azt mutatja meg, hogy a projekt milyen éves átlagos hozamot képes biztosítani a teljes futamidő alatt, figyelembe véve a jövőbeli pénzáramlásokat és a kezdeti beruházást. Az IRR jelzi, hogy a projekt milyen minimális hozam mellett válik éppen nyereségessé. Napelemes rendszerek esetén az IRR megmutatja, hogy a rendszer által generált éves profit mekkora mértékben téríti meg az eredeti beruházást(Jordan et al., 2003)

$$0 = \sum_{t=1}^{25} \frac{P_t}{(1+IRR)^t} - C_0$$

2.8 Gantt diagramm

A Gantt-diagram a projektmenedzsment egyik legfontosabb vizuális eszköze, amely segít a projekttervezésben, ütemezésben és a feladatok közötti kapcsolatok megértésében. Henry L. Gantt fejlesztette ki az 1910-es években, és azóta széles körben alkalmazott eszköz lett a különböző méretű és összetettségű projektek kezelésében.

Két fő tengelyből áll: a vízszintes tengelyen az időtartamok jelennek meg, míg a függőleges tengely a projektfeladatokat tartalmazza. Minden feladatot egy vízszintes sáv képvisel, amelynek hossza az elvégzéséhez szükséges időtartamot jelöli. A diagram célja, hogy átfogó képet adjon a projekt állapotáról és az összes tevékenységről egyetlen nézetben, segítve ezzel a résztvevők közötti kommunikációt és a projekt előrehaladásának nyomon követését. [\(Wilson, 2003\)](#)

A diagram főbb előnyei:

- **Átláthatóság:** A diagram lehetővé teszi a projektmenedzserek számára, hogy vizuálisan lássák a teljes projektfolyamatot. Az egyes feladatok időbeli elhelyezése segíti az ütemterv megértését.
- **Ütemezés támogatása:** Segít az ütemezésben, mivel minden feladat időtartama és kezdési, illetve befejezési dátuma jól látható.
- **Könnyű kapcsolódás követés:** Az egyes feladatok közötti kapcsolatokat a megelőző tevékenységekkel követhetjük nyomon. A diagramon beállítható különböző függőségi kapcsolatok.
- **Potenciális problémák azonosítása:** A Gantt-diagram segít az ütemezési átfedések, késések és egyéb problémák gyors azonosításában. A projektmenedzser így időben beavatkozhat, és szükség esetén átszervezheti az erőforrásokat vagy módosíthatja az ütemtervet.

Továbbá a diagramm fontos része a tevékenységfüggőségek használata, amelyek meghatározzák, hogyan kapcsolódnak az egyes feladatok egymáshoz időben. A különböző tevékenységfüggőségek:

- Befejezés-Kezdés (Finish-to-Start, FS): Ez az alapértelmezett kapcsolat. Egy feladat csak akkor kezdődhet el, ha az előző befejeződött.
- Kezdés-Kezdés (Start-to-Start, SS): Egy feladat akkor kezdődhet el, amikor a kapcsolódó feladat is elindult.
- Befejezés-Befejezés (Finish-to-Finish, FF): függőség azt jelenti, hogy az előd tevékenységnek be kell fejeződnie, mielőtt az utód tevékenység befejezése megtörténhet. Ez nem jelenti azt, hogy az előd és utód tevékenységek pontosan ugyanabban az időpontban érnek véget, de az utód tevékenység nem zárulhat le addig, amíg az előd be nem fejeződik.
- Kezdés-Befejezés (Start-to-Finish, SF): Ritkábban alkalmazott tevékenységgfüggőség, ahol egy feladat csak akkor fejeződhet be, ha egy másik feladat elkezdődött. Ez olyan helyzetekben hasznos, ahol az utolsó lépés befejezéséhez szükség van egy másik feladat megkezdésére.

A Gantt-diagram nagy előnye, hogy vizuálisan átlátható, és könnyen érthető a résztvevők számára, így hatékony eszköz a projekt kommunikációjában. A diagram segítségével a projekt állapota és az előrehaladás egyszerűen megosztható a csapat tagjaival, a vezetőséggel vagy a külső partnerekkel, biztosítva ezzel a transzparenciát és a közös megértést. (Kerzner, 2017)

3 Napelemes rendszer tervezése hibrid inverterrel és energiatárolóval

3.1 Helyszín alapú tervezési szempontok és energiaigény meghatározása

A hibrid napelemes rendszerek tervezésénél a helyszín adottságainak és az energiafogyasztási szokásoknak a pontos ismerete elengedhetetlen. A tervezési szempontok között külön figyelmet kell fordítani a következőkre:

- Tető felmérése és adottságai: A napelemes rendszer optimális működéséhez fontos a háztető jellemzőinek felmérése. Ezek közé tartozik:
 - Tető mérete: Meg kell határozni, hogy mekkora napelemes felület helyezhető el a tetőn, figyelembe véve az árnyékolási tényezőket.
 - Dőlésszög: A napelemek optimális teljesítményéhez szükséges a megfelelő dőlésszög. Ez általában az adott földrajzi helyzet függvényében változik.
 - Irányszög: A tető irányszöge (déli, keleti, nyugati tájolás) szintén kritikus tényező, mivel ez meghatározza a napelemek által termelhető energia mennyiségét az év különböző időszakában.
 - Árnyékolás: Érdemes figyelembe venni, hogy vannak-e környezeti akadályok (pl. fák, épületek), amelyek árnyékot vethetnek a napelemekre, és csökkenthetik a teljesítményt.
- Energiafogyasztási szokások és berendezések: Fel kell mérni a háztartásban használt eszközök teljesítményét és azok használati szokásait, hogy pontosan meghatározhassuk az energiaigényt és a maximális egyidejű teljesítményigényt.
- Maximális egyidejű teljesítményigény: Ezen adatok ismeretében méretezhetjük az invertert és a napelemrendszert, hogy biztosítsuk a megfelelő energiaellátást mind hálózati kapcsolat mellett, mind szigetüzemben.

3.1.1 Időjárási viszonyok figyelembevétele

A napelemes rendszerek teljesítményét nagyban befolyásolják az adott helyszínen jellemző időjárási viszonyok, amelyek nemcsak a téli hónapokban, hanem egész évben fontosak. Az alábbi tényezőket kell figyelembe venni a tervezésnél:

Napsütéses órák száma: A napsütéses órák mennyisége közvetlenül befolyásolja a napelemek által termelt energia mennyiségét. Az éves napsütésseloszlás figyelembevétele segít optimalizálni a rendszer teljesítményét.

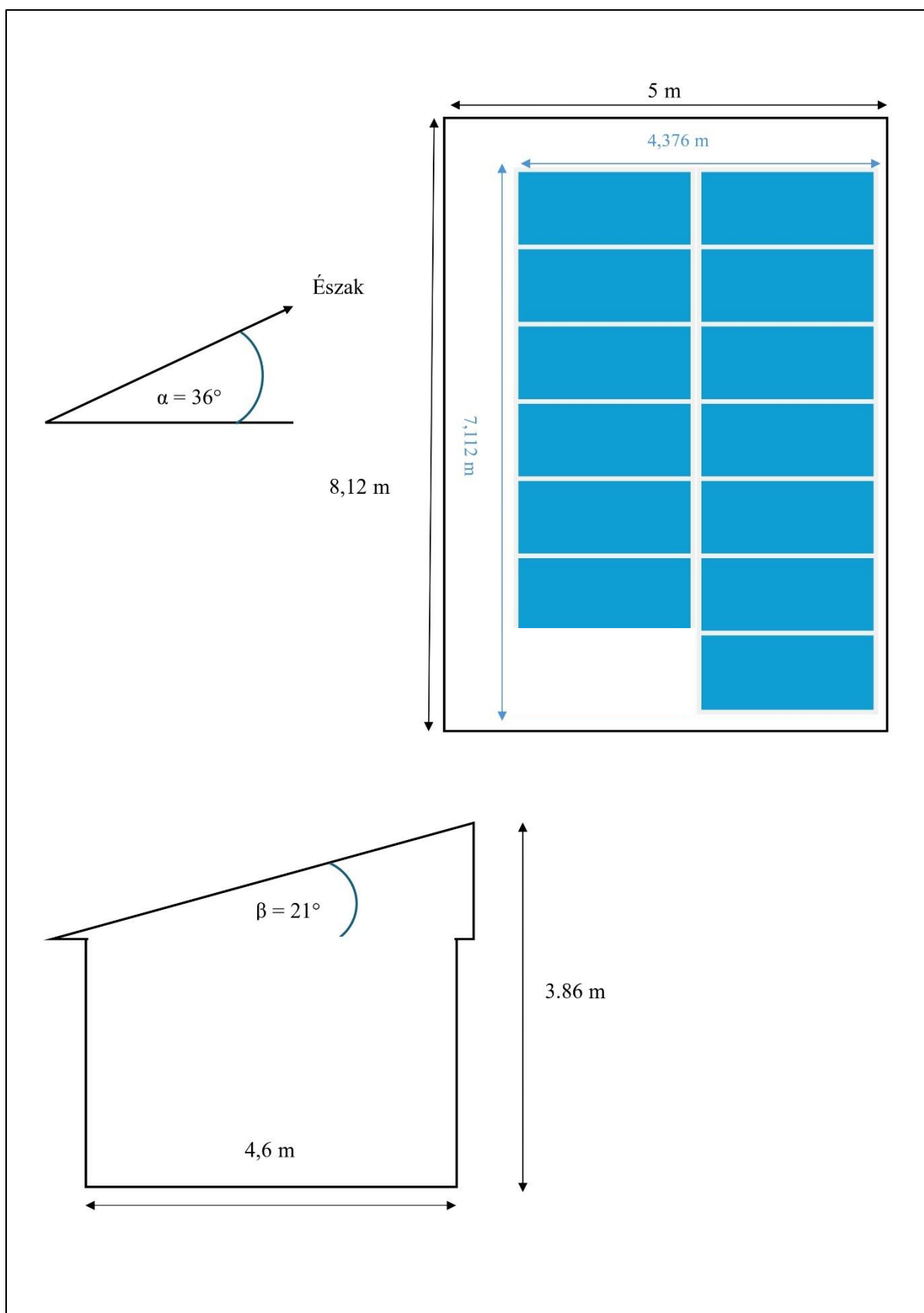
Felhőzet és csapadék: Az esős, felhős napokon a napelemek kevesebb energiát termelnek. Éppen ezért fontos figyelembe venni az adott régió csapadékos és felhős időszakait is, különösen az őszi és téli hónapokban, amikor ezek gyakoribbak.

Hőmérséklet: Bár a napelemek a hidegben is jól működnek, a túl magas hőmérséklet csökkentheti a hatékonyságukat. A hőmérsékleti viszonyok figyelembevételével optimalizálható a napelemes rendszer hatékonysága egész évben.

Téli időszak: A téli hónapokban, amikor a nap alacsonyabban jár, és kevesebb a napsütéses órák száma, a rendszer teljesítménye csökken.

3.1.2 Helyszín bemutatása

A napelemes rendszer tervezéséhez a saját mezőtúri otthonunkban található melléképület tetőszerkezetét választottam. Azért nem a főépületet, mert az épület teteje, kelet, illetve nyugat felé néz, ami nagyban rontaná a termelési mutatókat. A tetőszerkezet dőlésszöge 21° , ami nem tökéletes, de elfogadható. Az épület irányszöge 36° , ami a nyugati irányba való eltérést fejezi ki a 0° -os délhez viszonyítva. A tető teljes felülete $40,6 \text{ m}^2$. Az épület méretei az alábbi ábrán láthatók.



11. ábra: Az épület méretei

3.1.3 Energiafogyasztási szokások

A napelemes rendszer tervezésének egyik legfontosabb lépése, hogy pontosan felmérjük az épületben található elektromos eszközök fogyasztását. Ehhez először át kell tekinteni az otthonban használt készülékeket, beleértve a háztartási gépeket, világítást, szórakoztató elektronikai eszközöket és más elektromos berendezéseket.

Az eszközök energiafogyasztási adatai általában az eszköz adattábláján vagy használati útmutatójában található meg. Ezek az adatok tartalmazzák az eszköz névleges teljesítményét, illetve gyakran az éves vagy napi energiafogyasztás becsült értékét (kWh).

Eszközök	Darab	Teljesítmény
Lámpák (LED)	10 db	10 W
TV/PC/Mobil eszközök	3 db	~150 W
Háztartási gépek	5 db	~2000 W
Hűtőszekrény és Mélyhűtő	2 db	~600 W
Mosógép és mosogatógép	2 db	~2000 W
Szárító	1 db	~2000 W
Klíma	2 db	~2000 W
Összesen	25 db	8760 W

1. táblázat A fogyasztók teljesítménye

Fontos figyelembe venni az évszakos különbségeket is, mivel az elektromos eszközök használata az év során változhat. Például:

- Téli időszakban a világítás használata megnövekedhet, mivel rövidebbek a nappalok, és több órán át van szükség mesterséges fényre. Ugyanakkor a fűtési eszközök, ventilátorok vagy más fűtés-kiegészítő eszközök is több energiát igényelhetnek.
- Nyári hónapokban kevesebb világítás szükséges, viszont előfordulhat, hogy több hűtési eszközt használnak, mint például ventilátorok, klímaberendezések vagy hűtőberendezések, amelyek szintén jelentős energiafogyasztással járnak.

A napi energiahasználat alakulása szintén változhat évszakonként. A nyári hónapokban a háztartás fogyasztási szokásai inkább a nappali időszakra koncentrálódnak, míg télen a reggeli és esti időszakokban is nagyobb lehet a fogyasztás.

A főépület éves energiafogyasztása nagyjából 4700 kWh, amely napi átlagosan 12,88 kWh energiafelhasználást jelent.

3.1.4 Pályázati lehetőségek figyelembevétele

A ház energiafogyasztásának felmérése és a jelenlegi igények megértése után itt az ideje, hogy megvizsgáljam a rendelkezésre álló pályázati lehetőségeket, amelyek segíthetnek a napelemes rendszer és az energiatároló beszerzésében. A pályázatok támogatást nyújthatnak az eszközök megvásárlásához, így csökkentve a kezdeti beruházási költségeket és javítva a projekt megtérülését. A pályázati feltételek figyelembevételével kiválaszthatom azokat a napelemeket, invertereket és akkumulátorokat, amelyek megfelelnek az előírásoknak és az igényeknek.

Az alábbiakban részletezem a jelenleg elérhető pályázati programot, amelyet a projekt megvalósításához kívánok igénybe venni, valamint bemutatom a pályázat főbb feltételeit és előnyeit.

A "Napenergia Plusz Program" egy kormányzati kezdeményezés, amely a kis léptékű háztartási megújuló energia rendszerek, különösen a napelemek és az energiatároló eszközök (például akkumulátorok) telepítésének támogatására irányul. A program célja, hogy elősegítse az energiatermelés és -fogyasztás önellátását a háztartások körében, ösztönözve a modern energiatárolási megoldások használatát. Ezzel kívánja biztosítani a háztartási napelem rendszerek elterjedését, még a 2024 januárjában bevezetett bruttó elszámolás bevezetése után is. (*Napenergia Plusz Program, 2024*)

3.1.4.1 Jogosultság a programra

A programban részt vehet minden olyan nagykorú természetes személy, aki:

- Magyarországon található ingatlan tulajdonosa, haszonélvezője vagy bérője.
- Rendelkezik érvényes magyar adóazonosító jellel.
- Állandó lakcímmel rendelkezik Magyarországon, amely megegyezik a tervezett telepítés helyével.

Minden jelentkező csak egy pályázatot nyújthat be, és ingatlanonként is csak egy pályázat engedélyezett. A program nem támogatja meglévő rendszerek módosítását vagy bővítését, kizárólag új telepítések esetén vehető igénybe.

3.1.4.2 Támogatás

A program keretében vissza nem térítendő támogatás vehető igénybe, amely a támogatható költségek legfeljebb 66%-át fedezi, maximum 5 millió forintig. Az összesen rendelkezésre álló keret 105,8 milliárd forint, és a pályázatok elbírálása érkezési sorrendben történik, amíg a források el nem fogynak. Támogatható költségek közé tartozik az előkészítés, a berendezések (például napelemek, inverterek, akkumulátorok) és a telepítés.

3.1.4.3 Jelentkezési folyamat

A pályázóknak először egy előregisztrációs fázison kell keresztülmenniük, majd ezt követően nyújthatják be a fő pályázatot az online platformon keresztül. Az előregisztráció célja annak biztosítása, hogy a projekt megfelel a jogosultsági feltételeknek, és a jóváhagyás előtt nem kezdhető meg a munka. A telepítést a jóváhagyás kézhezvételétől számított 24 hónapon belül be kell fejezni.

Kifizetés és elszámolás

A támogatás kifizetése szakaszosan történik:

- Előzetes kifizetés: A támogatás legfeljebb 80%-a kiadható az első projektfázis befejezése után.
- Végző kifizetés: A fennmaradó 20% a rendszer teljes beüzemelése és hálózatra csatlakoztatása után történik meg.

Ez a szakaszos kifizetési rendszer biztosítja, hogy a projektek megfelelően valósuljanak meg és szigorú ellenőrzés alatt álljanak. Minden fázisban átfogó dokumentáció szükséges, hogy igazolni lehessen a program előírásainak való megfelelést.

A program célja, hogy támogassa a pályázókat a napelemes rendszerek telepítésének minden szakaszában, a tervezéstől kezdve a kivitelezésig, beleértve az ehhez szükséges anyagokat és eszközöket.

3.1.4.4 Előkészítés, Pályázati Adminisztráció, Tervezés és Engedélyezés

A projekt előkészítésére fordított költségek a teljes beruházási összeg maximum 15%-át érhetik el. Ide tartoznak az alábbi feladatok:

- **Áramszolgáltatói ügyintézés:** Az összes szükséges engedély beszerzése és a kapcsolattartás az áramszolgáltatóval.
- **Villamos tervek és csatlakozási tervek (CST):** Az elektromos rendszerhez szükséges műszaki dokumentációk elkészítése.
- **Mérési tervek kidolgozása:** Az energiafelhasználás és -termelés méréséhez szükséges tervek elkészítése.
- **IT kommunikáció kiépítése:** A rendszer integrálása a szabályozóközponttal, valamint a központi energiapolitikai szereplőkkel való összeköttetés biztosítása.
- **Pályázatírás és adminisztráció:** A pályázati dokumentumok elkészítése és benyújtása.

Eszköz- és Anyagköltségek

Az eszközökre és anyagokra fordított kiadások a teljes beruházás 70%-át nem haladhatják meg. Ez a kategória az alábbiakat foglalja magában:

- **Napelemek, inverterek, akkumulátorok:** Az energia előállításához és tárolásához szükséges alapvető eszközök.
- **Segédanyagok:** Kiegészítők, amelyek megkönnyítik a rendszer telepítését.
- **Szerelési eszközök:** Minden szükséges felszerelés, ami a telepítési munkálatokhoz kell.
- **Tűzvédelem:** Az elektromos rendszer biztonsági kiegészítői.
- **Tartószerkezetek és védelmek:** Az eszközök stabil és biztonságos rögzítéséhez szükséges elemek.
- **Informatikai eszközök:** Az energiafelhasználás és -termelés monitorozására szolgáló IT rendszerek.

- Projekttábla: Az építkezés helyszínén kihelyezett információs tábla.

Munkadíj

A kivitelezési munkadíj a beruházás teljes költségének maximum 30%-át teheti ki. Ide tartozik:

- Telepítés: A napelemes rendszer helyszíni kiépítése és üzembe helyezése.
- Mérőhely Szabványosítása: A hálózati csatlakozási pontok szabványosítása és fejlesztése.
- Fázisbővítés: A hálózati kapacitás növelése 3×20 A-ig.

Pályázati Időszak és Előregisztráció

Az előregisztráció 2024. január 15-én kezdődik, és a pályázók folyamatosan jelentkezhetnek, amíg a program kerete ki nem merül. A maximálisan elnyerhető támogatás összege 5 000 000 Ft.

Támogatás Intenzitása és Mértéke

A program a beruházás elszámolható költségeinek legfeljebb 66%-át fedezi. A pályázóknak biztosítaniuk kell az önerőt, és meg kell valósítaniuk a rendszer teljes üzembe helyezését, beleértve az igénybejelentést, a csatlakozási engedély megszerzését, valamint a szolgáltatóval kötött új szerződést.

Támogatható Tevékenységek

A támogatás az alábbi háztartási méretű kiserőművek (HMKE) telepítését foglalja magában:

- Inverter teljesítménye: minimum 4 kW, maximum 5 kW.
- Akkumulátor kapacitása: minimum 7,5 kWh, maximum 10 kWh.
- Napelem panelek teljesítménye: Az inverter kapacitásának legfeljebb 120%-a. amennyiben maximálisan ki akarjuk használni a rendszert ez azt jelenti, hogy $Max_{kW_p} = 1,2 \cdot 5kW_p = 6kW_p$ nagyságú lehet a napelemes rendszerünk.

Egyéb Feltételek

Bruttó elszámolás: A támogatott rendszer csak bruttó elszámolási szerződés mellett telepíthető.

Előregisztráció szükséges: A beruházást csak a sikeres előregisztráció után lehet megkezdeni, máskülönben nem jogosult a támogatásra.

Saját kivitelezés kizárva: A támogatást csak szakmailag elismert kivitelezők által végzett munkákra lehet igénybe venni.

3.2 Szimuláció

3.2.1 Beállítások

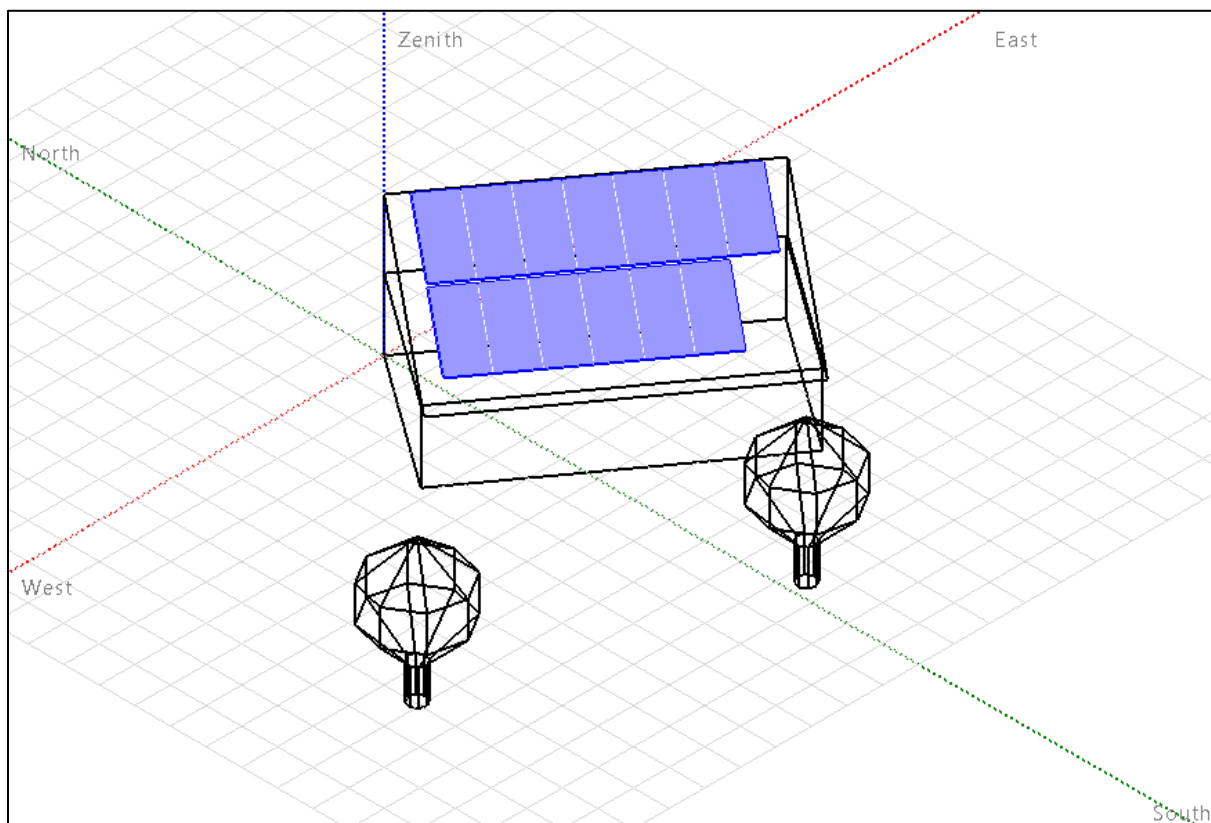
A szimulációhoz a PVsyst programot használtam, tanulói hozzáféréssel. A program az egyik legmodernebb és legelfogadottabb a napelemes rendszerek tervezésénél. Alkalmas üzleti nagyságú akár több száz Megawattos rendszerek tervezésére, ugyanakkor saját felhasználású kisebb méretű HMKE (Háztartási Méretű Kiserőmű) rendszerek szimulálásához is kiváló. A megfelelő hozzáértéssel rengeteg paraméter beállítását megadhatjuk. (*PVsyst*, 2023)

Első lépésként kiválasztottam, a földrajzi helyszínt. A programban a PVGIS adatbázisból importáltam a helyszínre jellemző besugárzási adatokat. Itt a program figyelembe veszi az évszakok változásával járó hőmérsékleti változásokat, napjárást, a besugárzás fajtáját. Ezután beállítottam a helyszínre jellemző horizont vonalat. Ez megmutatja, hogy a nap mikor tűnik el a horizonton, figyelembe véve a helyszíni adottságokat, ilyenek például a dombok, hegyek. Jelen esetben, mivel az alföldön található az épület ez nem számba vehető árnyékolást jelentett.

Második lépés maga a rendszer kiválasztása volt. Figyelembe véve a pályázati korlátokat és a fogyasztási szokásokat, maximalizálni akartam a termelést. Ezért a választásom a Risen Solar 450Wp monokristályos napelemet választotta. Ebből 13 darabot tudunk sorba kapcsolni, hogy megfeleljünk a maximális pályázati korlátnak, ami 6kW_p. Így a rendszer 5850 W_p -el rendelkezik. A napelem panelek mérete, figyelembe véve az egyes modulok közötti minimum 2 centiméteres hézagot horizontálisan és vertikálisan is, körülbelül 29 m² -re adódott, ami a tetőn megfelelően elfér. Az inverternél a választás egy 5kW-os Huawei SUN2000-5KTL-M1-400V -re esett, amelyhez egy szintén Huawei energiatárolót választottam, mégpedig egy 10kwh Huawei Lítium-vas-foszfát Luna2000-10-S0 -t, ami maximum 5kw teljesítmény leadására képes. Ezzel a konfigurációval, majdnem kihasználjuk a pályázat adta lehetőségek maximumát

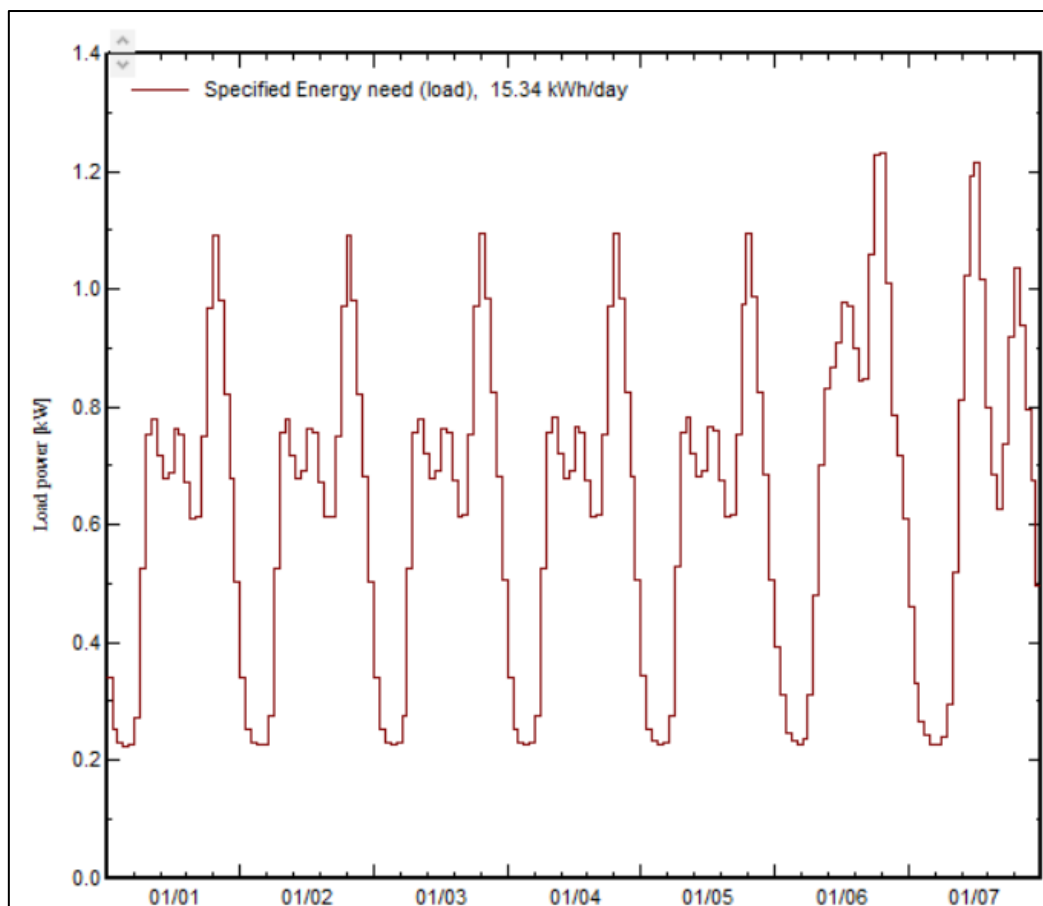
így csak 150W „marad” kihasználatlan. Ez a rendszer egy mediánnak tekinthető a kivitelezők által felajánlott lehetőségek közül.

Miután a rendszert kiválasztottam, beállítottam a tájolási adottságokat, ami a 36° -os eltérés az északi iránytól és 21° -os dőlésszög a tetőn. Figyelembe szerettem volna venni a közeli fák miatti árnyékolási feltételeket is, ezért 3D-ben elkészítettem a modellt.



12. ábra: A megtervezett modell 3D-ben

Következő lépésként kihasználtam a program által nyújtott fogyasztási lehetőségéknél egy átlagos ház fogyasztási modelljét. Itt modellezve van a hétvégi többletfelhasználás a szezonális fogyasztás változás és a napi fogyasztási szokás miszerint délután, munka után megnő a ház fogyasztása. Ebben a modellben 15 perces bontásban kapjuk meg a fogyasztási értékeket. Tudva a saját éves felhasználásunkat, figyelembe véve a fogyasztókat, volt lehetőségem átskálázni a fogyasztást 4700kwh/év-re és a szükséges helyen megnövelni a fogyasztást, hogy a megfelelő modellt kapjam.



13. ábra: Egy hét fogyasztási profilja

A programban a saját áramfelhasználási értéknél azt az opciót választottam, hogy az akkumulátor töltését a napelemek által generált energiából történjen, ha az nagyobb, mint az éppen felhasznált energia. Az energia leadásánál pedig, az azonnali rendelkezésre állás opciót használtam kiegészítve azzal, hogy a „teljesítmény elérheti a felhasználó pillanatnyi maximális teljesítményét, különösen éjszaka”. Továbbá, természetesen engedélyeztem a napenergia hálózatba való betáplálását, amennyiben az akkumulátorok elérték a maximum töltöttségi állapotot és éppen nem használjuk fel a maximálisan termelt energiát. A melléképületben, ahol az akkumulátor és az inverter elfoglalná a helyét, az átlaghőmérséklet az évben körülbelül 20 °C, ami megfelelő mindkét eszköznek.

3.2.2 Termelési eredmények

A beállítások után a szimulációval a következő eredményeket kaptam.

Hónapok	E_Fogy(kWh)	E_N_eff (kWh)	E_N_Akk (kWh)	E_H_F(kWh)	E_F_H(kWh)
Jan.	478.6	224	192.9	285.7	9.9
Febr.	421.0	350	249.4	171.6	70.9
Márc.	452.8	588	366.6	86.3	173.4
Ápr.	391.9	906	381.4	10.5	471.1
Máj.	360.9	965	360.9	0.0	550.7
Jún.	331.6	957	327.2	4.4	578.4
Júl.	327.8	1010	327.8	0.0	630.7
Aug.	334.9	1009	334.9	0.0	622.8
Szept.	339.9	670	331.0	8.9	291.8
Okt.	390.9	467	290.7	100.2	139.8
Nov.	426.0	287	228.7	197.4	31.3
Dec.	465.5	147	125.8	339.7	4.1
Össz.	4722.0	7580	3517.4	1204.6	3574.8

2. táblázat: Termelési mutatók árnyékolással

Magyarázat:

E_Fogy: Felhasználó által használt energia

E_N_eff: A napelem mező kimeneti energiája

E_N_akk: Napelem és akkumulátorból származó energia a felhasználó felé

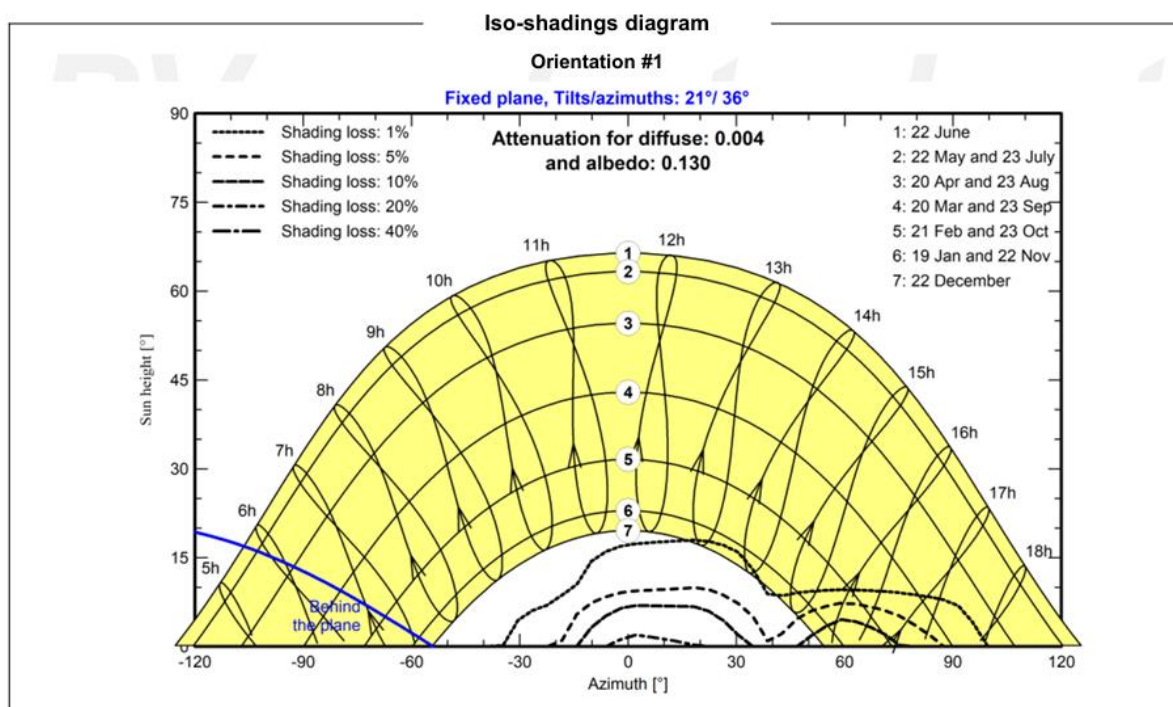
E_H_F: A hálózatról a fogyasztó felé irányuló energia

E_F_H: A fogyasztó által a hálózatba termelt energia

A szimuláció eredményei alapján a rendszer által előállított 7580 kWh éves energiából 3517 kWh-t tudunk felhasználni, ami az éves fogyasztásunk jelentős részét fedezi (74%). Eladásra 3574,8 kWh kerül és a hálózatról csak 1204,6 kWh-ot kell felvevünk.

Az alábbi napjárás diagramon látható az árnyékolás hatása. A napjárás diagram rövid értelmezése: fentről lefele haladva látható a napmagasság az égbolton különböző hónapokban, balról jobbra haladva pedig az idő látható. (Debreczeni, 2012)

Jelen esetben láthatjuk, hogy a fák márciustól decemberig a délutáni órákban vezetnek termeléseszköcsökkenéshez.



14. ábra: Az árnyékolás láthatóan befolyásolja a termelést a délutáni órákban.

A szimulációt újra lefuttattam a fák eltávolítása után is, ami éves szinten 15 kWh termelésjavulást okozott. Ez a termelésjavulás kisebb mértékben hozzájárulhat a teljes megtérülési idő csökkenéséhez, vagy növelheti a hálózattól való függetlenedés mértékét. Ez akár indokolhatja azt is, hogy a vevő a fák eltávolítása, esetleges azok visszavágása mellett döntsön. A következő ábrán látható az árnyékolás nélküli termelésjavulás.

Hónapok	E_Fogy(kWh)	E_N_eff (kWh)	E_N_Akk (kWh)	E_H_F(kWh)	E_F_H(kWh)
Jan.	478.6	225	193.5	285.1	10.0
Febr.	421.0	351	250.0	171.0	71.7
Márc.	452.8	589	367.0	85.8	174.2
Ápr.	391.9	907	381.6	10.3	472.1
Máj.	360.9	966	360.9	0.0	552.2
Jún.	331.6	958	327.3	4.3	579.7
Júl.	327.8	1012	327.8	0.0	632.2
Aug.	334.9	1011	334.9	0.0	624.1
Szept.	339.9	671	331.1	8.8	292.7
Okt.	390.9	468	291.3	99.6	140.3
Nov.	426.0	288	229.3	196.7	32.2
Dec.	465.5	148	126.8	338.6	4.2
Össz.	4722.0	7595	3521.6	1200.4	3585.5

3. táblázat: Termelési mutatók árnyékolás nélkül

4 Gazdasági megtérülés

4.1 A tervezett rendszer megtérülése

Az [Elszámolási](#) fejezetben említettem az aszimmetrikus inverterek előnyeit a jelenlegi elszámolási környezetben. A szimulációs program nem kínál lehetőséget az aszimmetrikus inverterek alkalmazására, azonban ez nem jelent problémát, mivel a program alapértelmezetten szimmetrikus fogyasztást feltételez. Ennek köszönhetően a szimmetrikus inverter megtérülési mutatói megegyeznek azokkal, amelyeket aszimmetrikus fogyasztás esetén egy aszimmetrikus inverter esetén kapnánk. Amennyiben a fogyasztásunk nem lenne szimmetrikus és az inverter nem lenne képes aszimmetrikus betáplálásra az a megtérülést jelentősen rontaná. Így ez a számolás egy legjobb forgatókönyvnek tekinthető. Bár a program

tartalmaz megtérülés-számítási eszközt, az általunk vizsgált esetben ez nem ad pontos eredményt. Ennek oka, hogy nincs olyan opció, amely figyelembe venné a 2523 kWh/év alatti fogyasztásra vonatkozó ~36 Ft/kWh díjat, és csak a fölötte lévő mennyiségnél kalkulálna a 70,1 Ft/kWh árral.

A telepítéshez szükségünk van a három fázisra ezért muszáj kibővítenünk az egyfázisú rendszerünket. Továbbá szolárkábelekre, AC vezetékekre és védelemre is szükség van. A kiadásokat a következő táblázat foglalja össze:

Kiadás	Darabár (nettó)	Darab	Összesen (nettó)
Napelem	58 559 Ft	13	761 267 Ft
Inverter	388 900 Ft	1	388 900 Ft
Akkumulátor	1 695 594 Ft	1	1 695 594 Ft
Rögzítőelemek	14 900 Ft	13	193 700 Ft
Kiegészítők	850 Ft	4	3 400 Ft
Szolárkábel	220 Ft	50 (m)	11 000 Ft
Munkadíj	320 000 Ft	1	320 000 Ft
AC vezetékezés	25 000 Ft	1	25 000 Ft
AC/DC védelem	110 000 Ft	1	110 000 Ft
Fázisbővítés és mérőhely szabványosítása	24 5000Ft	1	245 000 Ft
Fizetendő nettó			3 753 861Ft
Áfa		27%	1 013 542 Ft
Fizetendő bruttó			4 767 403 Ft

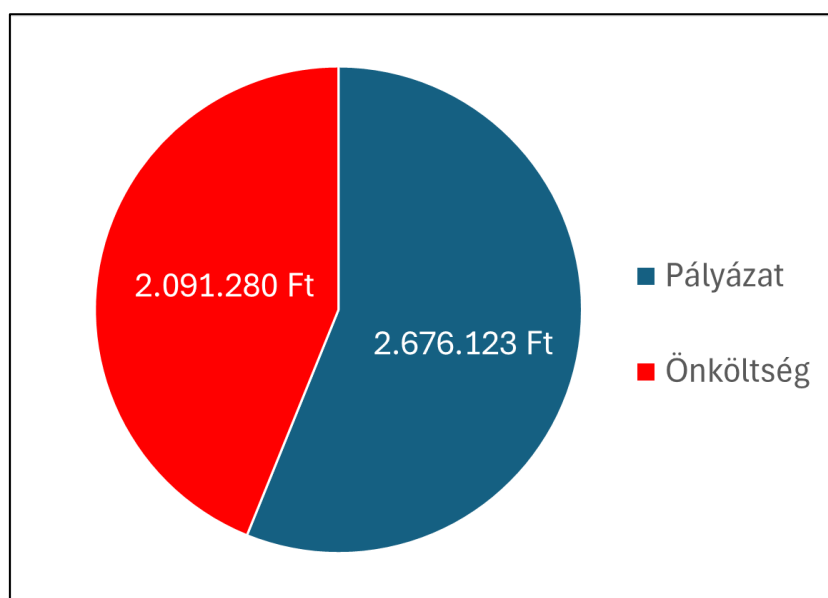
4. táblázat: Kiadások összefoglalása

A teljes költség összege 4 767 403 Ft-ra adódott. A pályázatban az eszköz- és anyagköltség térítése maximum a beruházás teljes költségének 70%-a lehet. Ebben az esetben ez ~85 % ezért itt nagy részben az önköltségünk növekszik. A meg nem térítendő összeg jelen esetben a következőképpen alakul:

$$\begin{aligned} \text{Elszámolható költség} &= \\ &= (\text{munkadíj} + \text{fázisbőv. \& mérőhely szabv.} + \text{anyagköltség max 70\%} - \text{ig}) \cdot 0,66 \end{aligned}$$

$$\text{Elszámolható költség} = (406400\text{Ft} + 311150\text{Ft} + 3337182\text{Ft}) \cdot 0,66 = 2676123 \text{ Ft}$$

$$\text{Önköltség} = \text{Teljes költség} - \text{Elszámolható költség} = 2.091.280 \text{ Ft}$$

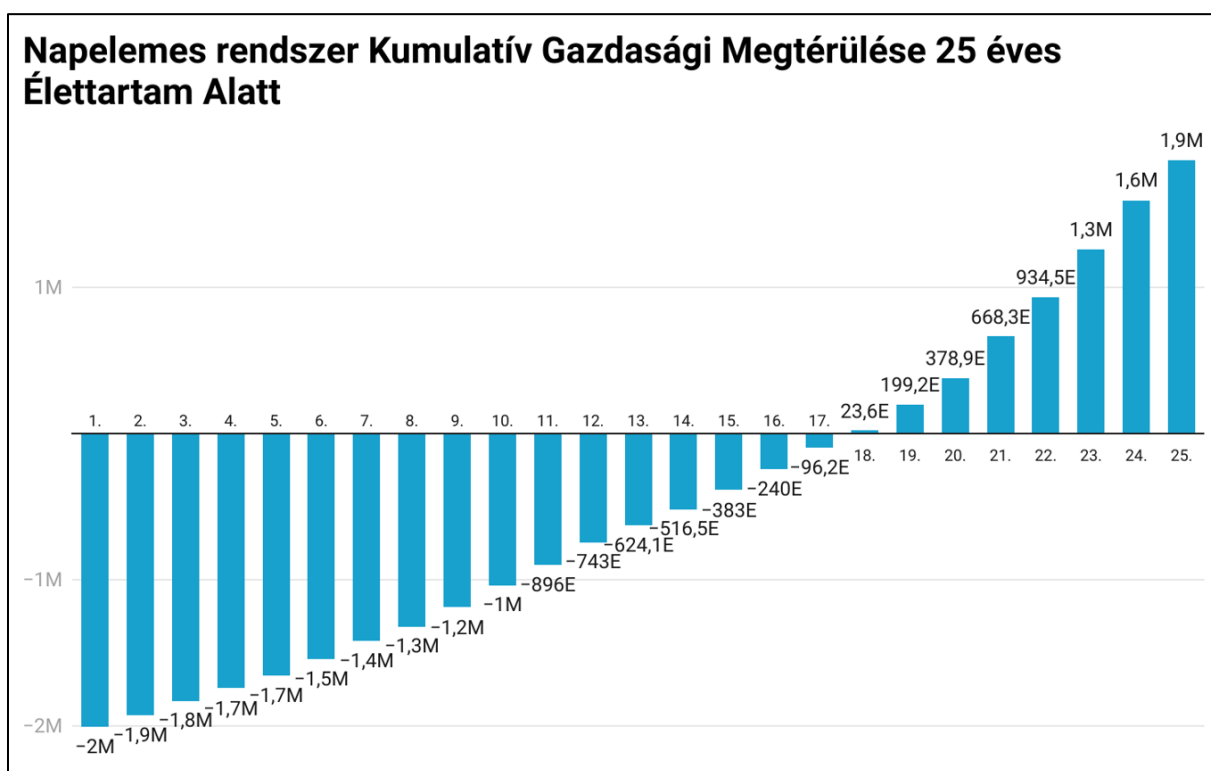


15. ábra: Költségek eloszlása

A megtérülésnél 25 éves intervallumot vettem figyelembe, hiszen a napelemek általános életciklusa is ennyi idő. A következők alapján számoltam: Az éves fogyasztást súlyoztam 7,5% eltéréssel pozitív és negatív irányba, figyelembe véve ezzel az éves áramfelhasználás szórását, illetve figyelembe vettem a degradációt is. „*Fizetendőalap*” névvel jelöltem az áramszámla napelem rendszer nélküli árát. Ezt úgy kaptam meg, hogy a fogyasztást 2523kWh-ig 36,386 forinttal összeszoroztam, a fennmaradó fogyasztást pedig a 70,1 Ft/kWh-ával. Ezek után figyelembe vettem, mennyi energiát fogyasztanak napelem rendszer használata mellett a hálózathoz. Itt sem hagytam figyelmen kívül az éves szórást. Ezzel az

értékkel kiszámíthatjuk, mennyit fizetünk a hálózati energiáért éves szinten napelemes és tárolós rendszerrel. Ezt elneveztem „*Fizetendő_{szo}lár*” -nak. A két eredmény különbségéből megkaptam az éves spórolást: „*Spórolt*”. Ehhez még hozzájön a hálózatnak eladott energiából származó haszon: „*Haszon*”. A napelemes rendszer telepítésével járó részt jelöltem az „*Önköltség*” jelzővel. Az inverterre 10 év garanciát vállal a gyártó, ez sok esetben kiterjeszthető 20 évre. Az akkumulátor és az inverter élettartama az adatlapok alapján 20 év körül van. Emiatt 2 esetet fogok megvizsgálni, ha a garanciális időn belül szorulunk cserére, illetve, ha a 20 év alatt egyenletesen elosztjuk a cserélt alkatrészek árát. Ezt „*Fenntartás*” -nak neveztem el. Ezek alapján a megtérülést az adott évben a következőképpen számolhatjuk az általános élettartalom esetében:

$$Megtérülés_i = -Önköltség + \sum_{i=1}^{25} (Spórolt_i + Haszon_i - Fenntartás \cdot \chi_{[i \leq 20]})$$



16. ábra: A rendszer megtérülése

Az ábrán a napelemes rendszer gazdasági megtérülésének alakulása látható 25 év alatt. Az első években a rendszer még negatív egyenleget mutat a magas kezdeti költségek miatt,

azonban az évek során a profit fokozatosan növekszik, míg a 18. év körül megtörténik a gazdasági megtérülés. A 25. év végére a kumulatív nyereség eléri a 1,9 millió forintot.

A megtérülés pénzügyi mutatói:

$$ROI_{\text{ált}} = \frac{\text{Össz profit} - \text{Önköltség}}{\text{Önköltség}} = \frac{3962975 \text{ Ft} - 2091280 \text{ Ft}}{2091280 \text{ Ft}} = 89,5 \%$$

Ez az érték jelzi, hogy a befektetés a teljes időtartam alatt 89,5%-os megtérülést biztosított.

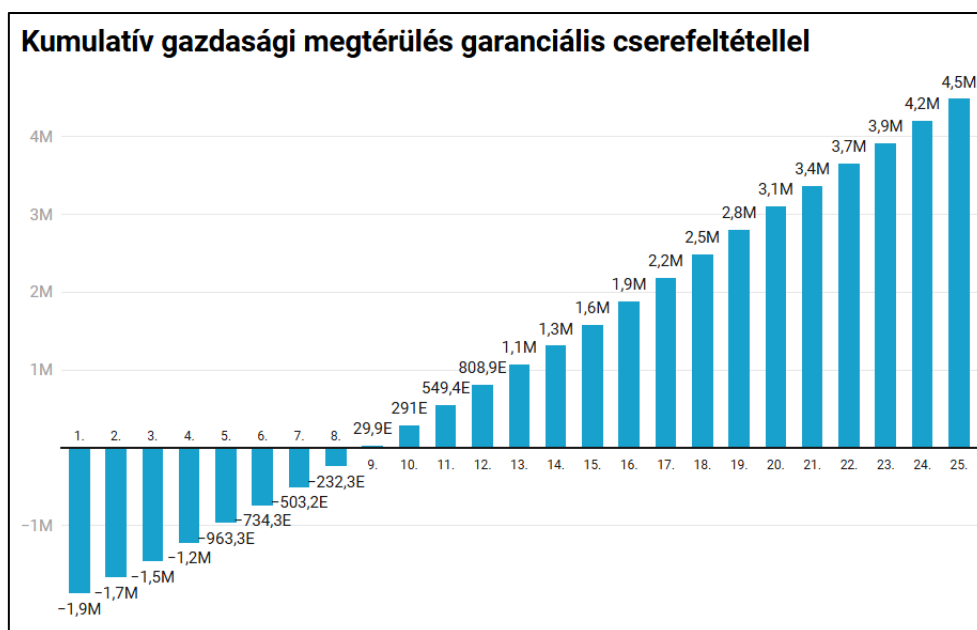
A nettó jelenérték, amely 3%-os diszkontrátával számítva:

$$NPV = 2535654 \text{ Ft} - 2091280 \text{ Ft} = 444374 \text{ Ft}$$

Ez a pozitív érték arra utal, hogy a projekt pénzügyileg előnyös, mivel a jövőbeli pénzáramok jelenértéke meghaladja a kezdeti beruházás költségét. Ez azt jelenti, hogy a projekt nemcsak megtérül, hanem további nyereséget is termel.

A belső megtérülési ráta $IRR = 4,44\%$, ami azt a diszkontrátát jelenti, amelynél a projekt nettó jelenértéke (NPV) nulla lesz. Ez az érték azt mutatja, hogy a projekt évi átlagos hozama 4,44% a teljes futamidő alatt. Ha a tényleges diszkontráta 4,44% alatt marad, a projekt nyereséges marad; ha viszont meghaladja ezt az értéket, a projekt már nem hozna pozitív pénzügyi eredményt.

Amennyiben garanciális időszakon belül szorul cserére az inverter és akkumulátor, akkor járunk a legjobban, hiszen a „Fenntartás” részt teljesen elhanyagolhatjuk.



17. ábra: A napelemes rendszer megtérülése garanciális cserével

Ebben az esetben a mutatók értéke:

$$ROI_{gar.} = \frac{\text{Össz profit} - \text{Önköltség}}{\text{Önköltség}} = \frac{6578606 \text{ Ft} - 2091280 \text{ Ft}}{2091280 \text{ Ft}} = 214,6 \%$$

$$NPV = 4494594 \text{ Ft} - 2091280 \text{ Ft} = 2403314 \text{ Ft}$$

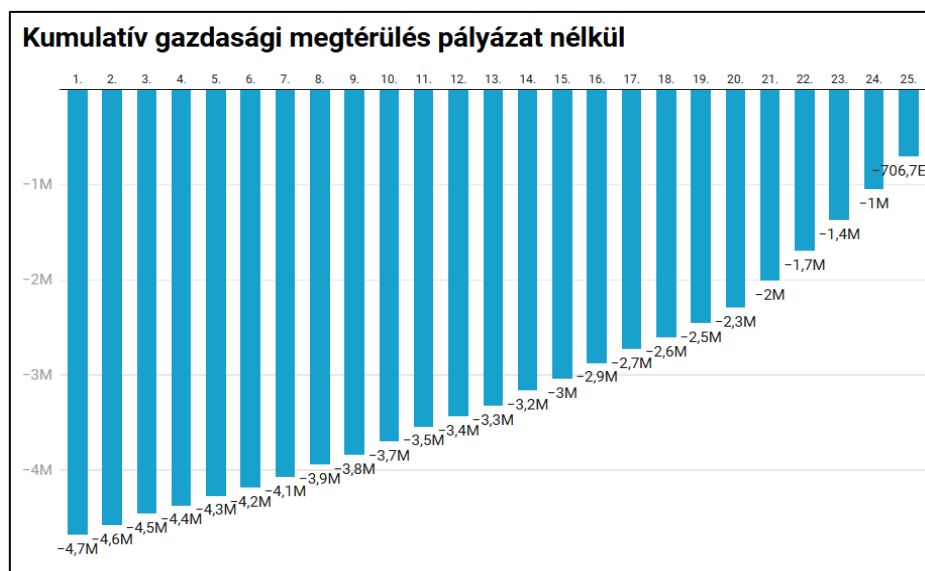
$$IRR = 11\%$$

A garanciális csere lehetősége előnyös megoldás, mivel minimalizálja a hosszú távú fenntartási költségeket, ezáltal gyorsítva a beruházás megtérülését. A garancia által biztosított védelemnek köszönhetően a rendszer teljesítménye fennmarad, miközben az esetleges hibák és elhasználódások költségeit nem a felhasználónak kell viselnie. Összességében a garanciális csere javítja a projekt gazdaságosságát, és hosszabb távon stabilabb, kiszámíthatóbb eredményeket biztosít.

A szimuláció eredményei alapján, élve a pályázati lehetőségekkel, legrosszabb esetben a rendszerünk 17-18 éven belül megtérül. Ez még mindig jó lehetőség lehet, különösen akkor, ha a felhasználó tervezi növelni energiafogyasztását a jövőben. Az energiaárak európai tendenciája alapján várható a drágulás, ami jelentősen lerövidítheti a megtérülési időt. Kérdéses, hogy a jelenlegi árszint meddig tartható.

4.1.1 Megtérülés pályázat nélkül

Amennyiben az európai unió nem biztosítana pályázati lehetőségeket, akkor a megtérülési mutatók a következőképpen alakulna, a fenntartási költségek figyelembevételével:

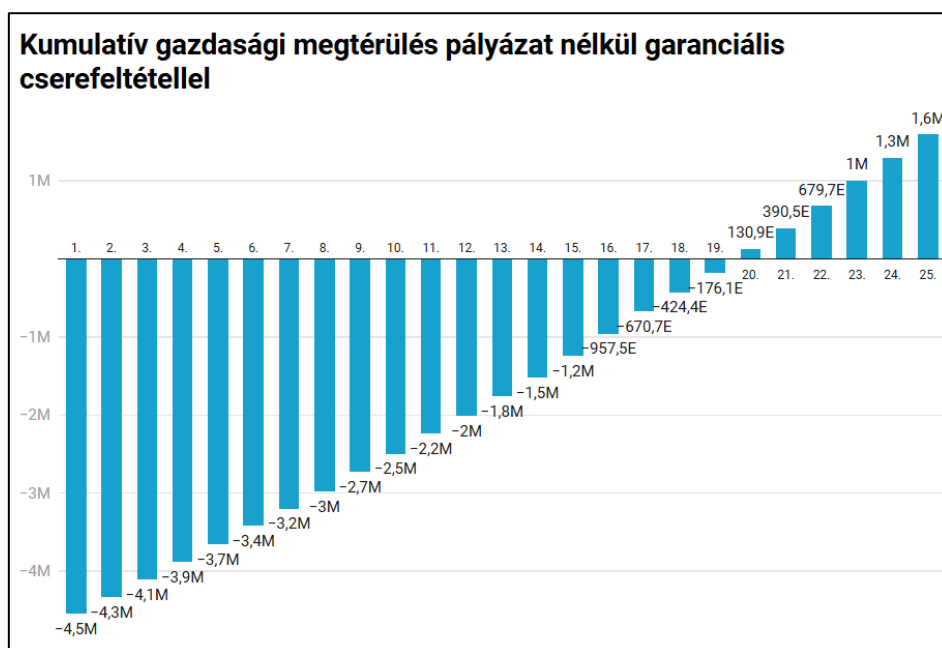


18. ábra: A napelemes rendszer megtérülése pályázat nélkül, önerős cserével

Ez alapján jól látható, hogy pályázati támogatás hiányában a napelemes rendszerbe történő befektetés pénzügyileg nem lenne előnyös, amit a negatív ROI is mutat:

$$ROI = \frac{\text{Össz profit} - \text{Önköltség}}{\text{Önköltség}} = \frac{3962975 \text{ Ft} - 4767403 \text{ Ft}}{4767403 \text{ Ft}} = -17 \%$$

Ha jogosultak lennénk garanciális cserére:



19. ábra: A napeleemes rendszer megtérülése pályázat nélkül, garanciális cserével

$$ROI = \frac{\text{Össz profit} - \text{Önköltség}}{\text{Önköltség}} = \frac{6362657 \text{ Ft} - 4767403 \text{ Ft}}{4767403 \text{ Ft}} = 33 \%$$

Pályázat nélkül a rendszer megtérülése szinte kizárólag a garanciális csere lehetőségében rejlik, ami viszont kevés ember számára nyújtana elegendő motivációt a befektetéshez.

4.2 Projekt kivitelezése

Ebben a fejezetben bemutatom a megtervezett napeleemes rendszer telepítési folyamatát, az időtervet és a Gantt-diagramot. A célom, hogy részletesen ismertessem a telepítéshez szükséges lépéseket, kezdve az előkészítéstől, a helyszíni felméréseken és tervezésen át egészen a rendszer beüzemeléséig és hálózatra csatlakoztatásáig.

A projekt során különböző engedélyek és műszaki ellenőrzések szükségesek, ezért fontos, hogy ezeket időben összehangoljam, biztosítva a folyamatok zavartalan megvalósítását. A fejezet célja, hogy átláthatóvá tegye a projekt teljes időtervét és a feladatok ütemezését. A Gantt-diagram vizuálisan mutatja meg a feladatok sorrendjét, időtartamát és a közöttük lévő kapcsolatokat, segítve ezzel a projekt mérföldköveinek megértését. Emellett részletezem a

szükséges erőforrásokat. A diagram segít az esetleges várakozási időkre is felhívni a figyelmet, mint például az elosztóhálózati engedélyek vagy műszaki vizsgálatok várható időszakai. [\(Eon, 2023\)](#)

A projekt sikeres kivitelezéséhez szükséges erőforrásokat az alábbi táblázat egy fiktív cég munkatársainak neveivel és beosztásaival illusztrálja.

Név	Beosztás
Balogh Mária	Logisztikai koordinátor
Horváth Ádám	Pályázatíró
Horváth-Gaudi Károly	Villamosmérnök
Lukács Norbert	Szerelési Csoportvezető
Nagy János	Villanyszerelő
Nagy Katalin	Mérnök
Papp Tamás	Elektromos szakember
Varga Péter	Elosztói Kapcsolattartó

5. táblázat: Munkatársak és beosztások

A projekt megvalósításához szükséges főbb lépések és a kapcsolódó erőforrások az alábbi táblázatban kerültek összefoglalásra. A táblázat részletezi az egyes tevékenységek időtartamát, az azokhoz rendelt szakembereket és a munkavégzés kezdési és befejezési dátumait. Ezen felül figyelembe vettem az elosztói engedélyek és jóváhagyások miatti várakozási időket is.

	Tevékenység	Időtartam(nap)	Erőforrások	Kezdet	Vége
1.	Helyszíni felmérés az ügyfél házában	2	Horváth-Gaudi Károly, Nagy János, Lukács Norbert	2024.10.29	2024.10.30
2.	Helyszíni felmérés dokumentációjának előkészítése és tervezés	7	Balogh Mária, Horváth-Gaudi Károly	2024.10.31	2024.11.08
3.	Pályázatírás és dokumentumok előkészítése	6	Nagy Katalin, Horváth Ádám	2024.11.05	2024.11.12

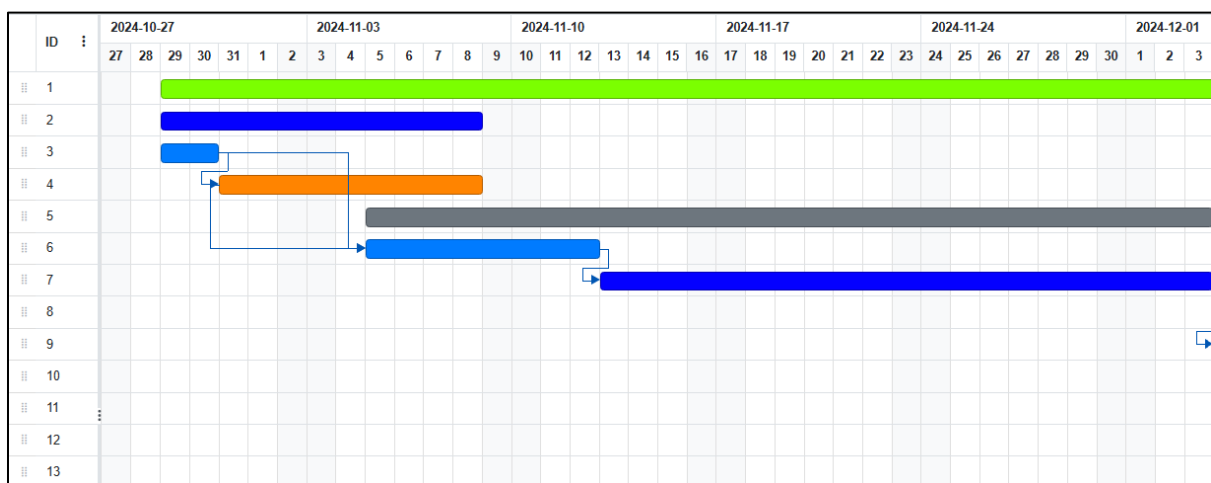
4.	Pályázat elbírálása	15	Napenergia Plusz Program	2024.11.13	2024.12.03
5.	Igénybejelentés benyújtása az elosztóhoz	1	Horváth Ádám, Varga Péter	2024.12.04	2024.12.04
6.	Hálózatvizsgálat és tájékoztató levél	5	Elosztói engedélyes	2024.12.05	2024.12.11
7.	Csatlakozási dokumentáció előkészítése és benyújtása	3	Nagy Katalin, Horváth-Gaudi Károly	2024.12.12	2024.12.16
8.	Csatlakozási szerződés megkötése	1	Varga Péter	2024.12.17	2024.12.17
9.	Napelemes rendszer telepítésének előkészítése (logisztika)	1	Balogh Mária, Horváth Ádám, Nagy Katalin	2024.12.18	2024.12.19
10.	Napelemes rendszer telepítése	1	Lukács Norbert, Papp Tamás, Nagy János, Nagy Katalin	2024.12.19	2024.12.19
11.	HMKE készre jelentés	1	Varga Péter	2024.12.20	2024.12.20
12.	Mérőkészülék felszerelése és ellenőrzés	11	Elosztói engedélyes	2024.12.23	2025.01.06
13.	Üzembe helyezés és ellenőrzés	1	Elosztói engedélyes	2025.01.07	2025.01.07

6. táblázat: Tevékenységek összefoglalása

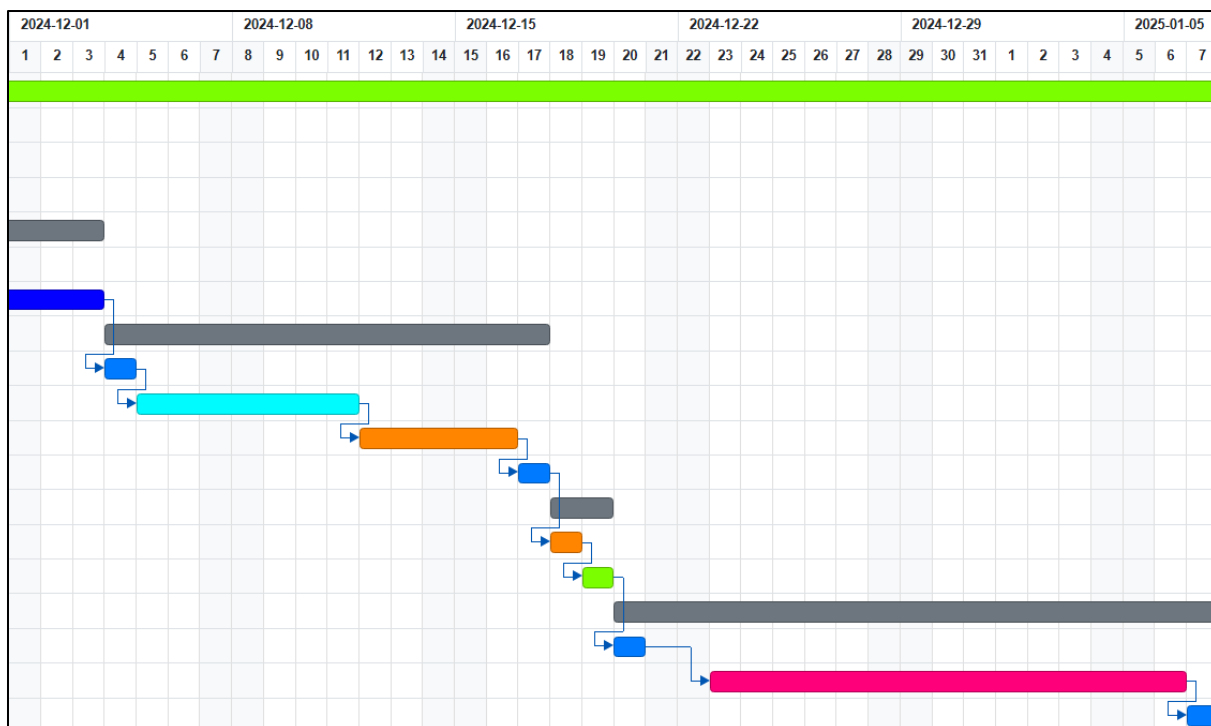
A következő két ábrán látható a Gantt-diagram a tevékenységtáblázat alapján, amelyhez az „[onlinegantt](#)” weboldalt használtam. A jobb láthatóság érdekében a diagramot két részben jelenítem meg. A legtöbb lépés esetében a tevékenységek befejezése kapcsolódik a következő lépés kezdéséhez, így biztosítva a projekt logikus és összefüggő haladását.

ID	Task Name	Duration
1	▼ Napelemes rendszer kivitelezése	51 days
2	▼ Felmérés	9 days
3	Helyszíni felmérés az ügyfél házában	2 days
4	Helyszíni felmérés dokumentációjának elő...	7 days
5	▼ Pályázatírás	21 days
6	Pályázati dokumentumok előkészítése és I...	6 days
7	Pályázat elbírálása	15 days
8	▼ Igénybejelentés	10 days
9	Igénybejelentés benyújtása az elosztóhoz	1 day
10	Hálózatvizsgálat és tájékoztató levél	5 days
11	Csatlakozási dokumentáció előkészítése é...	3 days
12	Csatlakozási szerződés megkötése	1 day
13	▼ Telepítés	2 days
14	Napelemes rendszer telepítésének előkész...	1 day
15	Napelemes rendszer telepítése	1 day
16	▼ Átadás	13 days
17	HMKE készre jelentés	1 day
18	Mérőkészülék felszerelése és ellenőrzés	11 days
19	Üzembe helyezés és ellenőrzés	1 day

20. ábra: A projekt bontása (Onlinegantt, 2024)



21. ábra: Gantt diagramm 1 (Onlinegantt, 2024)



22. ábra: Gannt diagramm 2 (Onlineganttt, 2024)

Összefoglalva, ideális körülmények között a felhasználó a bejelentést követően 51 napon belül üzembe helyezheti a napelemes rendszerét. Ez az időkeret azonban optimista becslés, mivel a magyarországi ügyintézési folyamatok gyakran kiszámíthatatlanok, és előfordulhat, hogy az átfutási idő jelentősen meghosszabbodik.

5 Konklúzió

A dolgozat elkészítése során részletesen tanulmányoztam a napelemes rendszerek és az energiatárolók működését, tervezését és telepítési folyamatát. Az elemzés során megvizsgáltam a hazai pályázati lehetőségeket, valamint bemutattam a bruttó elszámolási rendszer hatásait, amely - megfelelő méretezés és optimalizálás mellett - gazdaságilag megtérülő beruházást eredményezhet. Számításaim alapján egy jól megtervezett napelemes rendszer, energiatárolóval kombinálva, körülbelül 17-18 éven belül megtérülhet, ami a megújuló energiaforrások között versenyképes alternatívát kínál.

A projekt során megismertem a háztartási méretű kiserőművek (HMKE) létesítésének adminisztratív és engedélyezési folyamatát, és elkészítettem egy részletes időtervet, amely figyelembe veszi az elosztói engedélyek megszerzését, a pályázati elbírálás idejét és a telepítési lépéseket. Emellett a szimulációs program használatának elsajátítása is a munka egyik jelentős része volt, amely lehetőséget adott arra, hogy valós körülményeket modellezek és a rendszer teljesítményét különböző forgatókönyvekben teszteljem. A gazdasági elemzések során kiszámítottam a megtérülési mutatókat, mint az ROI, NPV és IRR, amelyek lehetőséget adnak a beruházás pénzügyi teljesítményének pontosabb értékelésére, figyelembe véve az esetleges gazdasági és technikai változásokat.

Összességében a dolgozat lehetőséget nyújtott arra, hogy gyakorlati és elméleti szempontból egyaránt betekintést nyerjek a napelemes rendszerek és energiatárolók hazai telepítésének lépéseibe, kihívásaiba, valamint a hosszú távú gazdasági hatékonyság eléréséhez szükséges tényezők feltérképezésébe.

6 Conclusion

During the preparation of the thesis I studied in detail the operation, design and installation process of solar systems and energy storage. I have analysed the domestic tendering opportunities and the impact of a gross settlement system that, if properly scaled and optimised, can result in an economically viable investment. My calculations show that a well-designed solar PV system combined with energy storage can pay for itself in about 17-18 years, offering a competitive alternative among renewable energy sources.

During the project, I learned about the administrative and permitting process for the installation of small-scale household power plants and prepared a detailed timeline that takes

into account the time needed to obtain distribution permits, the time needed to submit applications and the installation steps. In addition, learning how to use a simulation software was a major part of the work, which gave me the opportunity to model real conditions and test the performance of the system in different scenarios. During the economic analysis, I calculated return on investment indicators such as ROI, NPV and IRR, which allow a more accurate assessment of the financial performance of the investment, taking into account possible economic and technical variations.

Overall, the thesis provided an opportunity to gain insight, from both a practical and theoretical perspective, into the steps and challenges of installing solar PV systems and energy storage at home, as well as to identify the factors needed to achieve long-term economic efficiency.

7 Irodalomjegyzék

460/2023. (X. 5.) Korm. Rendelet, Pub. L. No. 460/2023 (2023).

<https://magyarkozlony.hu/dokumentumok/82a52ec4d21577d6817e41d1b8b9dfa6e4f294a7/letoltes>

680/2023. (XII. 29.) Korm. Rendelet, Pub. L. No. 680/2023 (2023).

<https://magyarkozlony.hu/dokumentumok/54b35cd102b15440b6033644416eedcdcc0c436c/letoltes>

Balázs, H., & Racz, E. (2018). *MILYEN HATÁSSAL VAN A NAPELEM BORÍTÓRÉTEGÉNEK TÖRÉSE A NAPELEM VILLAMOS KARAKTERISZTIKÁIRA? EFFECTS OF THE CRACKS IN THE COATING LAYER ON THE ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF A SOLAR CELL.*

Brealey, R. A., Myers, S. C., & Allen, F. (2014). *Principles of corporate finance*. McGraw-hill.

Brigham, E. F. (1982). *Financial management: Theory and practice*. Atlantic Publishers & Distri.

Debreczeni, M. (2012). *Fotovillamos energia*. Greentechnic Hungary Kft.

Dr. Bodnár, I. (2019). *Napelem működésének alapjai, a napelemes villamosenergia-termelés elmélete és gyakorlati megvalósítása*. Micropress Kft.

- eon.* (2023). <https://www.eon.hu/hu/hmke/folyamat.html>
- Friedlob, G. T., & Plewa Jr, F. J. (1996). *Understanding return on investment*. John Wiley & Sons.
- Fronius Solar Energy.* (2024). <https://www.youtube.com/watch?v=EiqHZ3h61h8&t=781s>
- Jordan, B. D., Ross, S. A., & Westerfield, R. W. (2003). *Fundamentals of corporate finance*. McGraw Hill.
- Kerzner, H. (2017). *Project management case studies*. John Wiley & Sons.
- linkedin.* (2023). <https://www.linkedin.com/pulse/optimizing-solar-panel-tilt-orientation-maximum-efficiency-singh/>.
- megsz.* (2022). https://www.megsz.hu/megsz/images/stories/hirlevel/2022/06.15/epg_2022_3_melleklet.pdf
- napelemdepo.* (2021). <https://napelemdepo.hu/szigetuzemu-napelemes-rendszer/>
- Napenergia Plusz Program.* (2024). <https://napenergiaplus.nffku.hu/>
- Naplopo.* (2021). <https://www.naplopo.hu/miert-napenergia/alkalmazasi-teruletek/napelemes-aramtermeles/halozatra-taplalo-napelemes-rendszerek>
- Nelson, J. (2003). The physics of solar cells. *Imperial College Press Google Schola*, 2, 62–68.
- onlinegantt.* (2024). <https://www.onlinegantt.com/#/gantt>
- Parretta, A., Sarno, A., & Vicari, L. (1998). Effects of solar irradiation conditions on the outdoor performance of photovoltaic modules. *Optics Communications*, 153, 153–163. [https://doi.org/10.1016/S0030-4018\(98\)00192-8](https://doi.org/10.1016/S0030-4018(98)00192-8)
- PVsyst.* (2023). <https://www.pvsyst.com/>
- Sisolar.* (2021). <https://sisolar.hu/polikristalyos-napelem/>
- Véghely, T. (2012). *Napelemek és napelemrendszerek szerelése*. Cser Könyvkiadó és Kereskedelmi Kft.
- Vgfszaklap.* (2013). <https://www.vgfszaklap.hu/lapszamok/2013/aprilis/2743-az-aquaponiarol-ii>

Wilson, J. M. (2003). Gantt charts: A centenary appreciation. *European Journal of Operational Research*, 149(2), 430–437. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00769-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00769-5)

8 Nyilatkozatok

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függeléke: A MATE egységes diplomadolgozat

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Horváth-Gaudi Károly
A Hallgató Neptun kódja: C5QPYK
A dolgozat címe: Energiatároló alkalmazása napelemes rendszerben
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Járműtechnika Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2024 év 11 hó 03 nap


Hallgató aláírása

MŰSZAKI INTÉZET
MŰSZAKI MENEDZSER MESTERSZAK
projektmenedzsment specializáció

DIPLOMADOLGOZAT
feladatlap

Horváth-Gaudi Károly (CSQPYK)

részére

A diplomadolgozat címe:

Energiatároló alkalmazása napelemes rendszerben

Feladatkiírás:

Vizsgálja meg egy háztartási méretű napelemes rendszer tervezésének és kivitelezésének lépéseit, különös tekintettel az energiatároló használatára. Végezzen gazdasági és megtérülési számításokat, és vegye figyelembe a rendelkezésre álló pályázati lehetőségeket a rendszer hosszú távú hatékonyságának értékeléséhez.

Közreműködő tanszék: Műszaki Menedzsment

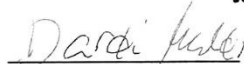
Külső konzulens: -

Belső konzulens: Dr. Gergely Zoltán Albert, Jár műtechnika Tanszék

A dolgozat beadási határideje: 2024. november 5.

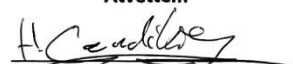
Gödöllő, 2024. április 15.

Jóváhagyom


(tanszékezető)


(szakfelelős)

Átvettem


(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Kelt:évhónap

(külső konzulens)

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függelék: A MATE egységes diplomadolgozat készítési útmutatója

4.1. sz. melléklete: Konzulensi nyilatkozat

NYILATKOZAT

Horváth-Gaudi Károly (hallgató Neptun azonosítója: C5QPYK)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: 2024 év 10 hó 30 nap

Gergely Zoltán
belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.